

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة جيلالي ليابس سيدي بلعباس
Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès



Faculté de Génie Electrique
Département de Télécommunications

Licence académique: Télécommunications (L3)
Semestre 5

Matière

TÉLÉPHONIE



Dr. B. FASSI

2017

Ce cours a été conçu pour couvrir le programme du niveau L3 en licence de Télécommunications.

Objectifs de l'enseignement: « Les réseaux de communications englobent un large domaine d'applications. La téléphonie, en particulier, reflète bien l'un des réseaux de communication le plus utilisé dans la société d'aujourd'hui. Son fonctionnement, son évolution, ses caractéristiques et son futur sont d'une importance cruciale pour les étudiants qui se spécialisent dans les télécommunications numériques » CPNDST.



CPNDST

LICENCE ACADEMIQUE: Télécommunication

Etablissement	Faculté	Département
Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbes	Génie Electrique	Télécommunication

Domaine	Filière	Spécialité
Sciences et Technologies	Télécommunication	Télécommunication

Semestre 5

Unité D'enseignement	Matière	Crédits	Coefficient	Volume Horaire Hebdomadaire	Volume Horaire Semestriel (15 Semaines)	Travail Complémentaire En Consultation (15 Semaines)	Mode D'évaluation
	Intitulé			Cours			Examen
UE Découverte Code: UED 3.1	Téléphonie	1	1	1h30	22h30	02h30	100%

Contenu de la matière:

Chapitre 1. La téléphonie analogique à commutation **(3 semaines)**
Historique, Evolution, Principe et architecture.

Chapitre 2. Supports de transmission en téléphonie **(2 semaines)**
Critères d'évaluation, Conducteurs électriques, Sans fil, Fibre optique.

Chapitre 3. La téléphonie numérique cellulaire GSM **(4 semaines)**
Réseaux, Protocoles, Architecture et équipements, Schémas de principe, Mesures.

Chapitre 4. Les nouvelles générations de la téléphonie numérique **(4 semaines)**
3G et UMTS, 3.5 G, 4G,..

Chapitre 5. Equipements d'interconnexion en téléphonie **(2 semaines)**
Les commutateurs, Les routeurs, Les interfaces, Les passerelles.

AMPS	Advanced Mobile Phone Service
AMRF	Accès Multiple à Répartition en Fréquence
AMRT	Accès Multiple à Répartition dans le Temps
ARIB	Association of Radio Industries and Business
ARPT	Autorité Régulation de la Poste et des Télécommunications
AUC	Authentification Center
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BCCH	Broadcast Control CHannel
BCH	Broadcast CHannel
BLR	Boucle Local Radio
BTS	Base Transceiver Station
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Subsystem
BPSK	Binary Phase Shift Keying
CAA	Commutateurs à Autonomie d'Acheminement
CCIF	Comité Consultatif International des Liaisons Téléphoniques à Grandes Distances
CCITT	Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique
CC	Call Control
CCCH	Common Control CHannel
CDMA	Code Division Multiple Access
CFU	Call Forwarding Unconditional
CNET	Centre National d'Etude des Télécommunications
CTCH	Common Trafic CHannel
CTP	Commutateurs de Transit Principaux
CTS	Commutateurs de Transit Secondaire
CTI	Commutateurs de Transit Internationaux
CL	Commutateurs Locaux
CLIP	Calling Line Identification Presentation
CLIR	Calling Line Identification Restriction
CPC	Continuous Packet Connectivity
CoMP	Coordinated Multi-Point
DCCH	Dedicated Control Channel
DCH	Dedicated CHannel
DCS	Digital Communication System
DCHSDPA	Dual Carrier – HSDPA
DECT	Digital European Cordless Telephone
DRM	Direction des Radiocommunications Mobiles
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
DSCH	Downlink Shared CHannel
DTCH	Dedicated Trafic CHannel
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
ETTD	Équipement Terminal de Traitement des Données
ETCD	Équipement de Terminaison du Circuit de Données
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
EIR	Equipment Identity Register
EPDG	Evolved Packet Data Gateway
EPS	Evolved Packet System
FACH	Forward Access CHannel

FDM	Frequency Division Multiplexing
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FDD	Frequency Division Duplexing
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
FM	Frequency Modulation
FTP/ ScTP	Foiled/Screened TP
GFSK	Gaussian frequency shift keying
GMSC	Gateway Mobile Switching Centre
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GSM	Global System for Mobile Communications
GPRS	General Packet Radio Service
HARQ	Hybrid Automatic Response reQuest
HLR	Home Location Register
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
HSPA	High Speed Packet Access
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
HPSK	Hybrid Phase Shift Keying
IASA	Inter Access System Anchor
IMEI	Internationnal Mobile Equipment Identity
IMT 2000	International Mobile Telecommunications 2000
IP	Internet Protocol
IP MSAN	Internet Protocol Multiservice Access Node
LAPD	Link Access Protocol D-channel
LED	Light Emitting Diode
LTE	Long Term Evolution
MM	Mobility Management
MME	Mobility Management Entity
MIC	Modulation par Impulsion et Codage
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MSC	Mobile Services Switching Center
MSK	Minimum-shift keying
MS	Mobile Station
NADC	North American Digital Cellular
NMC	Network Management Center
NMT	Nordic Mobile Telephone
NSS	Network Subsystem
NRA	Noeud de Raccordement d'Abonné
NRZ	No Return to Zero
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
OMC	Operation and maintenance Center Radio
OSI	Open Systems Interconnection
PABX	Private Automatic Branch eXchange
PC	Points de Concentration
PCCH	Paging Control CHannel
PCH	Paging CHannel
PC	Personal Computer
PDC	Personal Digital Cellular
PDN GW	Packet Data Network Gateway
PHS	Personal Handy Phone System

PSTN	Public Switched telephone Network
PSK	Phase Shift Keying
PTT	Les Postes, Télégraphes et Téléphones
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RACH	Random Access CHannel
RAN	Radio Access Network
RNIS	Réseau Numérique à Intégration de Services
RTCP	Réseau Téléphonique Commuté Publique
RZ	Return to Zero
RNC	Radio Network Controller
SAE	System Architecture Evolution
SC-FDMA	Single Carrier -Frequency Division Multiple Access
Serving GW	Serving Gateway
SON	Self Organizing Network
SLIC	Subscriber Line Interface Circuit
SMS	Short Message Service
SISO	Single Input Single Output
SS	Supplementary Services
STP	Shielded Twisted Pair
SR	Sous Répartiteur
TACS	Total Access Communication System
TDMA	Time Division Multiple Access
TDD	Time Division Duplexing
TDM	Time-division multiplexing
TD-CDMA	Time Division-CDMA
TD-SCDMA	Time Division Synchronous CDMA
TRAU	Transcoding Rate and Adaptation Unit
UMTS	Universal Mobile Telecommunication Sytsem
UE	User Equipment
USIM	UMTS Subscriber Identity Module
UTI	Union Télégraphique Internationale
UTP	Unshielded Twisted Pair
UIT	Union Internationale de Télécommunication
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Acces Network
UPE	User Plane Entity
UWC-136	Universal Wireless Communications-136
VLR	Visitor Location Register
WAP	Wireless Application Protocol
W-CDMA	Wideband-CDMA
WLAN	Wireless Local Area Network
WLL	Wireless Local Loop
WIFI	Wireless Fidelity
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
ZAA	Zone à Autonomie d'Acheminement
ZL	ZONE Locale
ZT	Zones de Transit
ZTS	Zones Transit Secondaire
ZTI	Zone de Transit Internationale
3 GPP	Third Generation Group Project Partnerchip

Liste des Tableaux

Chapitre 1 La téléphonie analogique à commutation

1.1 Introduction

Un réseau téléphonique est constitué par tous les organes nécessaires pour relier les connexions téléphoniques de deux abonnés en utilisant les informations fournies par le demandeur d'abonné (par numérotation), maintenir celle-ci pendant toute la durée de conversation avec une qualité d'écoute acceptable, tout en surveillant cette communication pour détecter toute coupure ou raccrochage, pour libérer les organes qui étaient utiles à la réalisation de la liaison et en fin, pour faire une taxation [1].

1.2 Historique

L'histoire de la téléphonie est présentée par ce petit aperçu [2, 3]:

1.2.1 Télégraphe

À partir de 1794, l'ingénieur français Claude Chappe crée ce qu'il nomme «télégraphe» et qui a ensuite été amélioré jusqu'à la version la plus connue, qui a été développée par Samuel Morse en 1837 [3, 4], les deux types de télégraphe sont:

- **Télégraphe aérien [3, 4]**

En 1794, le télégraphe des frères CHAPPE est la première liaison entre PARIS et LILLE.
Pour émettre le message et pour lire le précédent message, chaque station est composée d'une tour sémaphore équipée de bras oscillants. Toutes les tours sont espacées de 8 à 10 km.
En 1844, le réseau français contient 5000 km de liaisons réalisées au moyen de 533 stations.
Un message peut être passé en quelques heures mais seulement de jour et l'émission et réception (duplex) est impossible.

- **Télégraphe électrique [3]**

Gauss et Weber finalisent le premier télégraphe utilisable à l'aide de la pile de Volta (1800) et l'électro-aimant de Sturgeon (1824). Ce télégraphe permet de faire seulement la transmission de texte, le duplex était possible.

- En 1836 : Morse crée le premier télégraphe véritable (électroaimant),
- En 1844 : Création de la première ligne type Morse Baltimore-Washington (70 km),
- En 1845 : Création de la première ligne en France,
- En 1851 : Création de la première traversée de la manche grâce au latex "Gutta-percha",
- En 1866 : Création de la première traversée de l'atlantique (15 signaux /s),
- En 1865 : Création à Paris de l'U.T.I. (Union Télégraphique Internationale).

1.2.2 Téléphonie [2, 3, 4]

Alexander Bell dépose le brevet de la téléphonie après 40 ans de la création du premier télégraphe quelques heures avant Elisha Gray en 1876.

- En 1854 : La découverte d'un principe du téléphone par Charles Bourseul.
- En 1876 : La Mise au point du premier téléphone par Alexander Graham Bell.
- En 1880 : L'installation des premiers réseaux français (Le havre, Lyon, Marseille, Bordeaux) par la société générale du téléphone.
- En 1883 : La réalisation des premiers réseaux (Reims, Roubaix) par l'administration des Postes et Télégraphes.
- En 1886 : La réalisation de la liaison Paris-Bruxelles,
- En 1889 : La naissance à la commutation téléphonique automatique par Almon B. Strowger (USA)
- En 1899 : Pupin dépose le Brevet sur l'influence de l'induction.
- En 1905 : La première liaison "pupinisée" enterrée NewYork-Washington (337km),
- En 1910 : Le téléphone Marty prend une forme plus moderne : le récepteur et le microphone sont liés sur le combiné.
- En 1924 : La création à Paris du C.C.I.F. (Comité Consultatif International des liaisons téléphoniques à grandes distances) qui sera lié à l'U.T.I. en 1925.
- En 1938 : Alec Reeves (Français) dépose le brevet des futurs systèmes à modulation par impulsion et codage
- En 1956 : La création à Genève du CCITT (Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique),
- En 1970 : La réalisation des Premiers commutateurs numériques (commutation temporelle),
- En 1976 : La Signalisation par canal sémaphore CCITT n°7 (les signaux sont séparés de la parole),
- En 1980 : Lancement de l'étude du numérique,
- En 1985 : La synchronisation du réseau,
- En 1987 : Le début du RNIS (Un réseau numérique à intégration de services),
- En 1990 : L'apparition de la commutation temporelle asynchrone (ATM) et la hiérarchie numérique synchrone,
- En 1995 : La numérisation du réseau français (les deux parties : transport et commutation),
- En 1996 : La numérotation à 10 chiffres,
- En 1998 : Libéralisation du téléphone en France.

1.3 Évolution de la téléphonie

Charles Bourseul fut le premier à envisager un système de transmission électrique de la parole en 1854. L'américain Alexander Graham Bell a crée en 1877 le premier téléphone apte de transmettre la voix humaine. Durant les années 1970, en France un grand programme de développement des télécommunications a été mis en œuvre, menant à un équipement rapide.
Le CNET (Centre National d'Etude des Télécommunications) conduit un projet de recherche qui permet ainsi d'établir le premier central entièrement électronique du monde. France Télécom a décidé d'ouvrir un réseau numérique RNIS aux abonnés qui permet d'améliorer certains services comme la télecopie ou l'interconnexion d'ordinateurs [5].

La croissance de la demande des services (conférence à trois, Internet, mobilité …) pour la téléphonie fixe a fomenté l'attention des chercheurs de stimulants pour développer le réseau téléphonique. Les réseaux téléphoniques tels que le système BLR (Boucle Local Radio) ou en anglais WLL (Wireless Local Loop), le système IP MSAN (Internet Protocol Multiservice Access Node) et le système de la téléphonie IP [6], viennent pour répondre aux besoins des abonnés tels que la mobilité, la qualité de service garantie et la technologie évolutive.

1.4 Principe

1.4.1 Réseau téléphonique public RTC [1, 4]

Le réseau téléphonique public RTCP (Réseau Téléphonique Commuté Publique ou PSTN Public Switched telephone Network) a pour but principal le transfert de la voix employant le principe de la commutation de circuits. Il relie deux abonnés à travers une liaison réservée pendant tout l'échange. Le RTCP est l'un des plus grands réseaux dans le monde avec plusieurs centaines de millions d'abonnés

La gestion générale du réseau distingue trois fonctions :

- **La distribution** : elle inclut la liaison d'abonné ou boucle locale (paire métallique torsadée) qui relie l'installation de l'abonné au centre de transmission de rattachement.

- **La commutation** : elle consiste à mettre en communication deux abonnés, maintenir la liaison pendant tout l'échange et libérer les organes à la fin de celui-ci et de taxer le coût de la communication à l'appelant.

- **La transmission** : cette tranche est la partie support de télécommunication du réseau, elle est assurée soit par un système filaire cuivre de la fibre optique ou des faisceaux Hertziens.

1.4.2 Schéma de principe simplifié du RTC

La ligne téléphonique aussi appelée boucle locale relie le poste téléphonique de l'abonné au commutateur de rattachement. Sur la Figure 1.1, on distingue:

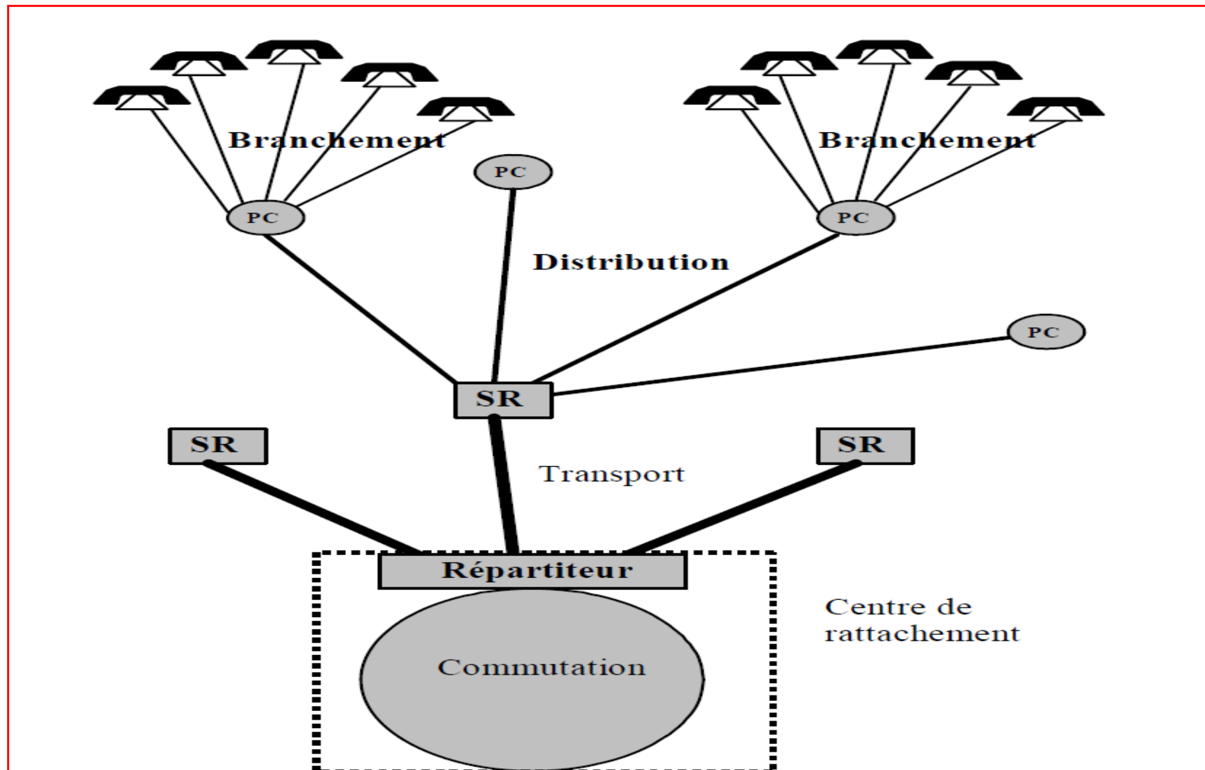


Figure 1.1 Structure du réseau local [1]

- **Les postes téléphoniques**

Le téléphone est un dispositif de communication, premièrement conçu pour transmettre la voix humaine et permettre de faire une communication à distance [6]. (voir Figure 1.2).

La figure suivante représente quelques modèles de postes téléphoniques.



Figure 1.2 Le poste téléphonique [5, 6]

- **Les câbles de branchement**

Les câbles de branchement (voir Figure 1.3) sont des lignes bifilaires individuelles utilisées pour acheminer au cœur du réseau (du commutateur au répartiteur). Cet acheminement entre le lieu de résidence de l'abonné et le NRA (le premier Noeud de Raccordement d'Abonné) passe par des phases suivantes : les points de concentrations, les SR (Sous-Répartiteurs) et les

répartiteurs [7]. Dans ce parcours la paire de cuivre (2 fils de cuivre) véhicule toutes les communications « voix, data, images, Internet, TV....». Il existe plusieurs types de câbles en terme de capacité "7 paires, 14 paires, 28 paires, 56 paires, 112 paires, 900 paires.....".



Figure 1.3 Les câbles de branchement [8]

Le parcours de la paire téléphonique est unique, et nécessite un marquage alpha-numérique c'est la constitution [7].

- Une amorce contient 7 paires,
- Une tête au niveau de NRA contient 16 amorces, c'est à dire 112 paires.

Pour admettre un visuel plus pratique au niveau des câbles, des codes de couleur sont également associés aux différentes paires.

Exemple : un code de couleur dans un câble 7 paires [7]:

- la 1ère paire est composée d'un fil blanc et d'un fil gris
- la 2 ème paire est composée d'un fil bleu et d'un fil gris
- la 3 ème paire est composée d'un fil jaune et d'un fil gris
- la 4 ème paire est composée d'un fil marron et d'un fil gris
- la 5ème paire est composée d'un fil noir et d'un fil gris
- la 6 ème paire est composée d'un fil rouge et d'un fil gris
- la 7ème paire est composée d'un fil vert et d'un fil gris

- **Les points de concentration**

Les Points de Concentration (PC) sont des petites boîtes ou armoires installées sur des poteaux en bois ou bien en béton, contenant un mini répartiteur de petite capacité (quelques dizaines de paires). Les paires téléphoniques viennent au PC sur des réglettes, de connexions transmissibles et les relient à d'autres réglettes sur lesquelles sont branchés les câbles de distribution [1] (voir Figure 1.4).



Figure 1.4 Le point de concentration et le répartiteur principal [5, 9]

- **Les câbles de distributions**

Ce sont des câbles utilisés pour raccorder les points de concentration aux sous Répartiteurs [5]. Il existe différents types de câbles, contenant jusqu'à 56 paires et de calibre de 0.4 ou 0.6 mm [1]. Ces câbles peuvent être soit aériens, soit en canalisations souterraines.

- **Les sous répartiteurs**

Ce Sont des "casiers" installés sur les trottoirs. Ils permettent de rassembler les câbles de distribution vers les câbles de transport qui sont plus volumineux. Un sous -répartiteur peut brancher jusqu'à 1500 paires (voir Figure 1.5) [1].



Figure 1.5 Armoire de sous-répartition [6]

- **Les câbles de transport**

C'est la partie des gros câbles (câble de 112 paires et plus) qui connecte chaque sous-répartiteur à un répartiteur. Ils sont posés dans des conduites (Tubes en PVC) souterraines [5, 7].

- **Le répartiteur général**

Dans le répartiteur général on trouve des barrettes verticales dites têtes pour raccorder les lignes de transport et des réglettes horizontales pour raccorder les points d'arrivés des lignes sur l'autocommutateur.
La liaison entre verticales et horizontales se fait au moyen de jarretières [1] (voir Figure 1.6).

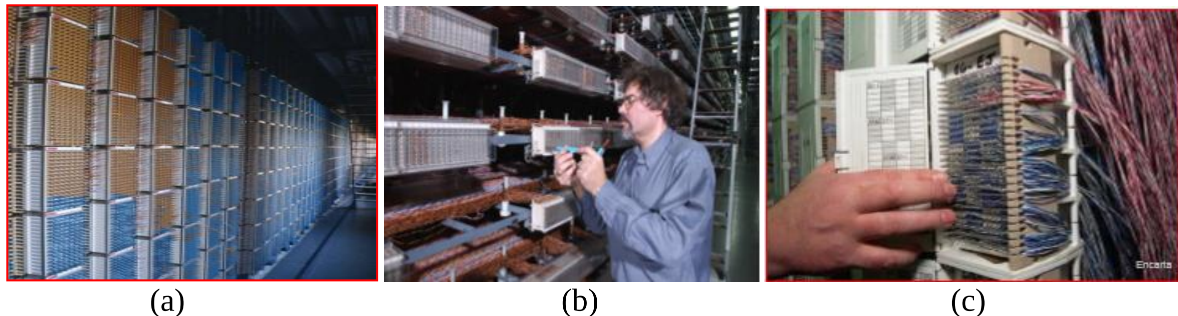

(a) (b) (c)

Figure 1.6 (a) Les têtes verticales (b), les têtes horizontales, (c) liaison entre la ligne et le centre [5, 9]

La Figure 1.7 représente le parcours du réseau téléphonique. On distingue trois zones essentielles, la partie de branchement indiquée par le câble en couleur bleu, la partie de distribution (le câble en couleur mauve) et la partie de transport (le câble en couleur rouge brique).

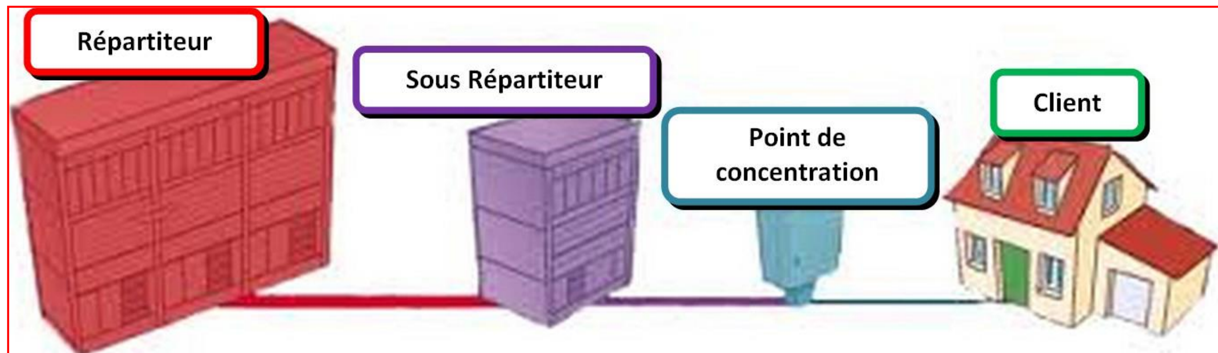


Figure 1.7 Parcours du réseau [9]

Schéma de principe du RTC

On distingue sur la Figure 1.8 trois parties:
- Partie Abonné: c'est la partie qui relie le poste téléphonique à TDI.
- Partie Boucle locale: est la partie qui contient les trois zones (Transport, Distribution et branchement).
- Partie Cœur de réseau: est la partie qui connecte le centre téléphonique à un répartiteur.

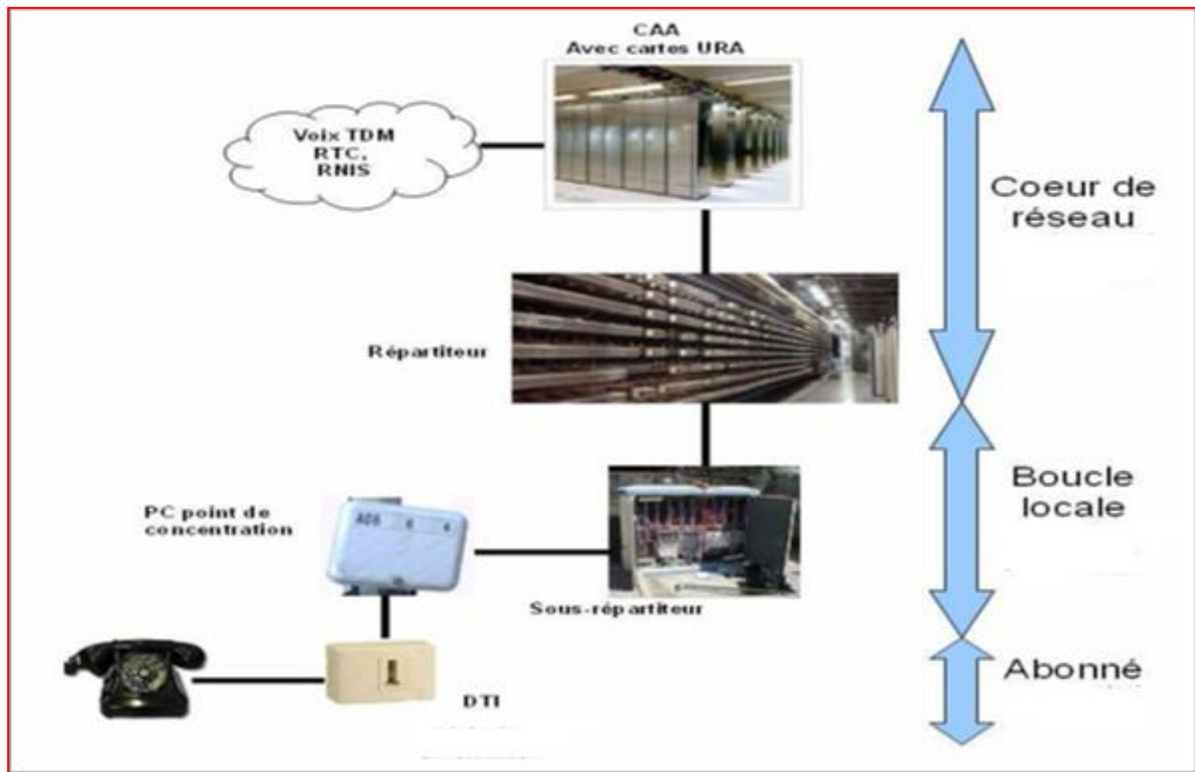


Figure 1.8 Abonné, Boucle locale, Cœur de réseau [10]

- **Commutateur téléphonique**

La Figure 1.9 représente un commutateur téléphonique public dans une salle d'équipements.



Figure 1.9 Central téléphonique [9, 11]

Un commutateur téléphonique met en communication deux abonnés suivant des règles fondées sur le numéro composé par l'appelant. Le choix d'un canal sur un équipement périphérique destinataire d'un appel s'appelle la sélection. Durant la commutation plusieurs commutateurs peuvent se lier entre l'appelant et le destinataire. Les intervalles de temps utilisés sont occupés tout au long de la communication entre les deux abonnés [11].

On trouve deux types de commutateurs:

- Les commutateurs publics.
- Les commutateurs privés PABX (Private Automatic Branch eXchange): pour les entreprises clientes des opérateurs de télécommunications.

Les catégories de commutateurs dans l'architecture RTC sont différentiées en deux types comme indiqué le Tableau 1.1 [12]:

1-Les commutateurs d'abonnés sont les centres qui permettent le rattachement des abonnés.

2- Les commutateurs de transit permettent de connecter les commutateurs qui n'ont pas de liaison entre eux.

Commutateurs d'abonnés **(les lignes d'abonnés sont directement rattachées)**	**COMMUTATEURS LOCAUX CL**: **(Zone Local) CLASSE 4** Ils sont seulement capables d'analyser les numéros des abonnés qu'ils desservent. Il n'a qu'un faisceau le reliant au commutateur hiérarchiquement supérieur. **COMMUTATEURS A AUTONOMIE D'ACHEMINEMENT CAA**: **(Zone Urbain) CLASSE 3** Il peut analyser les numéros et choisir parmi plusieurs faisceaux pour acheminer l'appel.
Commutateurs de transit	**COMMUTATEURS DE TRANSIT SECONDAIRE CTS**:**(Zone Régional) CLASSE 2** Au dessus des CAA. Il assure le transit du trafic de tous les CAA qui lui sont rattachés. **COMMUTATEURS DE TRANSIT PRINCIPAUX CTP**: **(Zone National) CLASSE 1** Le CTP est au sommet de la hiérarchie nationale. Tous les CTP sont relies 2 à 2 entre eux. **COMMUTATEURS DE TRANSIT INTERNATIONAUX CTI**: Il assure le transit du trafic international.

Tableau 1.1 Catégories de commutateurs dans l'architecture RTC [12]

La Figure 1.10 donne une structure simplifiée d'un tronçon du RTC.

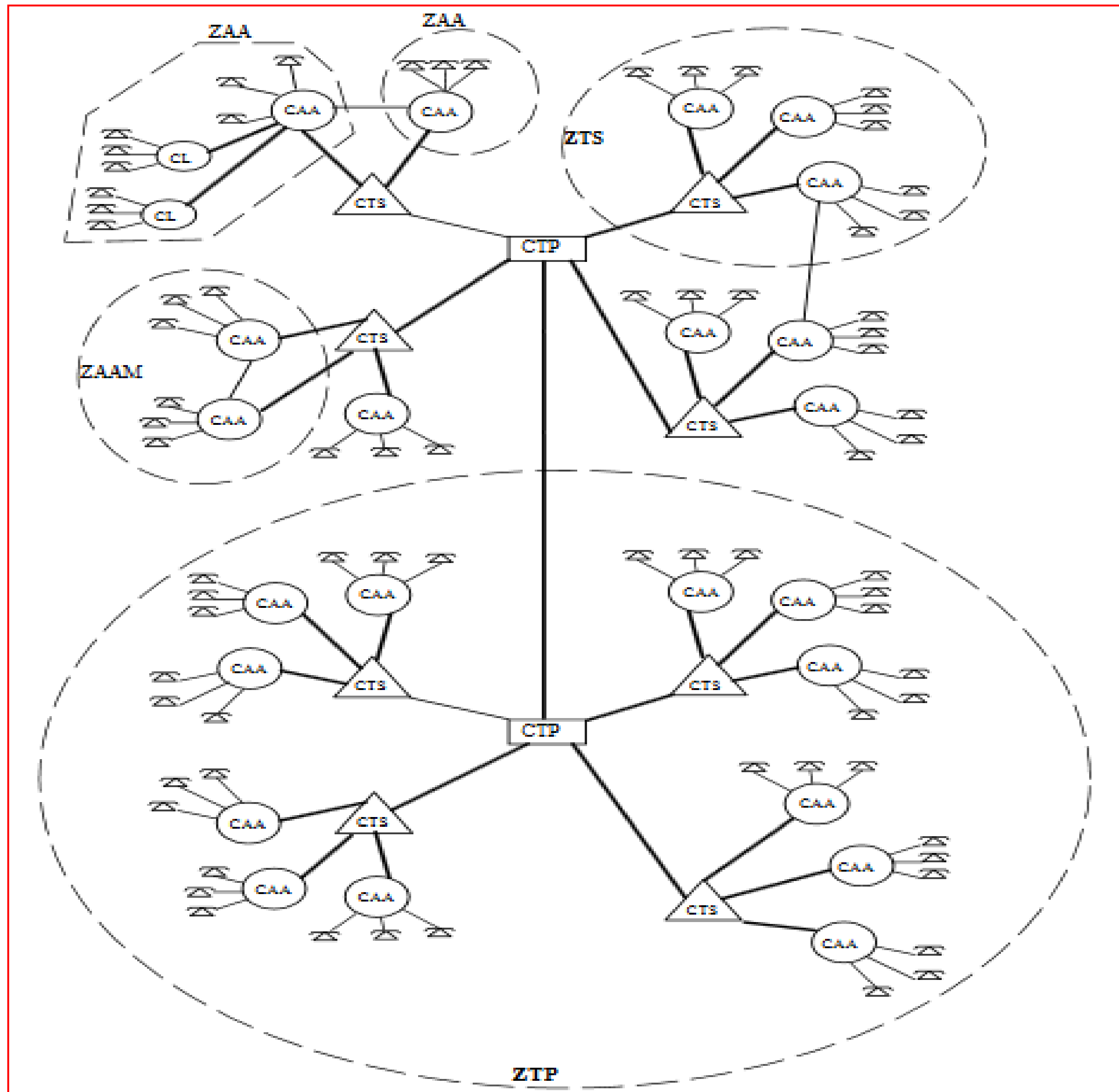


Figure 1.10 Un tronçon de RTC [1]

1.5 Architecture d'un réseau RTC [4, 13]

Le réseau téléphonique utilise la commutation de circuits, ou la transmission TDM (Time-Division Multiplexing). La commutation de circuits est définie par l'établissement d'une liaison entre deux bouts du réseau pendant la durée de la communication, en garantissant le transfert de l'information. Le réseau RTC est découpé en trois zones (voir Figure 1.10):

1-ZONE Locale (ZL)

Dans cette zone locale, les abonnés sont raccordés à un étage d'abonné (local ou distant). Les étages d'abonnés établissent les connexions entre les lignes d'abonnés et leur commutateur CCA de rattachement.

2-Zone à Autonomie d'Acheminement (ZAA)

Cette zone est constituée par des zones locales ZL, équipé par un ou plusieurs CCA. Ils gèrent l'acheminement du trafic entre ZL et entre CCA. La ZAA est un réseau étoilé, elle constitue le réseau de desserte.

3-Zones de Transit (ZT)

Dans cette zone il y a deux types, national ou international.

- **Zones Transit Secondaire (ZTS)**

Elle est délimitée par le CTS qui gère les CCA situés dans la zone. Les CTS assurent uniquement le brassage des circuits, lorsqu'un CCA ne peut pas accéder le CCA du destinataire.

- **Zone de Transit Principale (ZTP)**

La ZTP regroupe des ZTS et inclut un CTP qui gère les CTS. Cette zone garantis la commutation de longue distance. L'un des commutateurs de transit principal (CTP) est relié au commutateur international de transit.

- **Zone de Transit Internationale (ZTI)**

Les CTP sont rattachés à un CTI permettant de traiter le trafic de l'international.

.

Chapitre 2 Supports de transmission en téléphonie

2.1 Introduction

Le support de transmission est un moyen utilisé pour transporter des informations sous forme de signaux de leur source vers leur destination sur dizaines ou milliers de kilomètres. Ce support n'est pas toujours parfait, il déforme les signaux, même lorsque leurs fréquences sont bien adaptées. Les signaux transportés sont affectés par des affaiblissements, des distorsions et du bruit qui produisent une mauvaise qualité de réception [14, 15, 16].

2.2 Critères d'évaluation

L'utilisateur de support de transmission est concerné seulement par la qualité du service qui lui est offert et exprime des exigences dans le domaine de transmission. Cette qualité est mesurée à l'aide de différents critères [15, 16].

– **Le taux d'erreurs:** Il est exprimé comme le rapport du nombre de bits erronés reçus au cours d'une période d'observation, au nombre total de bits d'information émis pendant cette période.

– **La disponibilité:** Elle permet d'estimer le pourcentage de temps pendant lequel la transmission est possible c'est-à-dire il est liée à l'absence de panne des équipements et des liaisons.

– **Le débit binaire de transfert** $\boldsymbol{D}$: Elle représente le nombre de bits transmis par seconde.

– **Le délai de propagation :** c'est la durée nécessaire au signal pour traverser le support.

– **La rapidité de modulation** $\boldsymbol{R}$: Elle indique le nombre de symboles transmis par unité de temps et s'exprime en bauds.

– **Valence** $\boldsymbol{V}$ **:** c'est le nombre de bits transmis par temps élémentaire (par état physique). Où bien le nombre d'états significatifs (instant choisi pour évaluer l'état du signal transmis) [17, 18] nécessaires pour transmettre simultanément $\boldsymbol{k}$ bits :

$$\boldsymbol{V} = \boldsymbol{2^k}, \text{ avec } \boldsymbol{k} = \boldsymbol{log_2}\,(\boldsymbol{V}) \qquad \textbf{(2.1)}$$

La relation entre la rapidité de modulation et le débit binaire est donnée comme suit:

$$\boldsymbol{D} = \boldsymbol{R} \times \boldsymbol{log_2}\,(\boldsymbol{V}) \qquad \textbf{(2.2)}$$

Exercices

Exercice 1 [15]
Pour un canal de transmission numérique de débit binaire $\boldsymbol{D} = 9600$ bits/s.

1) Calculer la rapidité de modulation $\boldsymbol{R}$ si les signaux transmis sont binaires?

Un signal binaire est dit signal de valence $\mathbf{V} = 2$.
Selon l'Equation **(2.2)**: $\mathbf{R} = \mathbf{D} = 9600$ bits/s.

2)Quel serait la réponse aux précédentes questions si le signal de valence $\boldsymbol{V} = 4$?

$$\boldsymbol{R} = \boldsymbol{D}/\boldsymbol{log_2}\,(\boldsymbol{V}) = \frac{\mathbf{9600}}{\mathbf{2}} = \mathbf{4800}\ \boldsymbol{bauds.}$$

Exercice 2 [19]

-Si $T = 0.1s$, Calculer le débit binaire $\boldsymbol{D}$ et la rapidité de modulation $\boldsymbol{R}$ de chaque cas ci-dessous ?

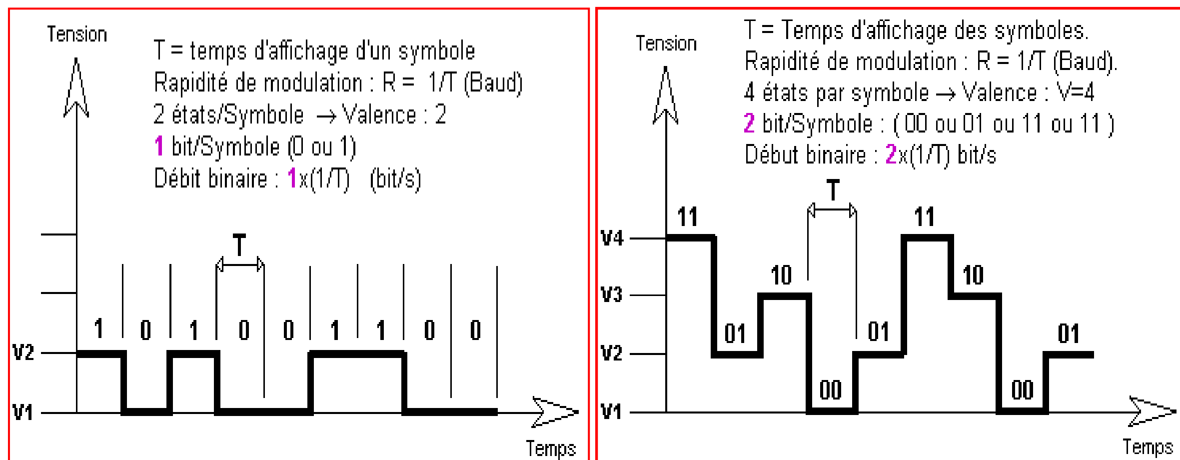


Figure 2.1 Le débit binaire $\boldsymbol{D}$ en fonction de la valence du signal $\boldsymbol{V}$ [19]

1- $D = 1bit\ /\ 0{,}1s = 10\ b/s,\ \ R = (D/log_2\,(V)) = 10/log_2\,(2) = 10bauds.$
2- $D = 2\ bit\ /\ 0{,}1s = 20\ b/s,\ \ R = (D/log_2\,(V)) = 20/log_2\,(4) = 10bauds.$

2.3 Caractéristiques des supports de transmission [15, 20]

Le support de transmission tout moyen permettant de transporter des données sous forme de signaux, on distingue deux types de support:

1-Supports avec un guide physique (limités):

•Paire téléphonique / torsadée
•Câble coaxial
•Fibre optique

2-Supports sans guide physique (non limités):

•Faisceau hertzien
•Liaison satellite
•Faisceaux infra-rouge

Les supports de transmission ne sont pas parfaits.

Un signal à la sortie du support peut être (voir Figure 2.2):
-Atténué.
-Déformé.
-Parasité.

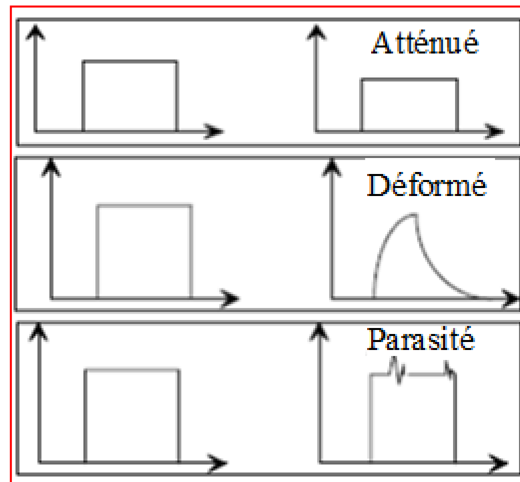


Figure 2.2 Un signal sur un support [19]

Ils ont :

- La bande passante

Une bande passante d'un support désigne la bande de fréquences des signaux dont la puissance à la sortie du support, est supérieure à un seuil donné, en général exprimée en décibels (dB). (En notant Ps la puissance de sortie et Pe la puissance d'entrée, l'affaiblissement en dB s'exprime comme 10 log10 Pe/Ps. Pour Pe/Ps = 2, on trouve 10 log10 Pe/Ps = 3 dB) [15].

- Le bruit

Il existe plusieurs sources de bruit (foudre, orages pour le milieu aérien, champs électromagnétiques dans des ateliers pour les supports métalliques….) perturbent les signaux en sortie.

-La distorsion

La distorsion d'amplitude ou de phase peuvent ennuyer la reconnaissance des signaux en sortie.

-La Capacité limitée C

C'est la quantité d'informations (le nombre de bits) qui peuvent être transmis par unité de temps. C est exprimée en bits par seconde.
La capacité C se caractérise selon le théorème de Shannon de la façon suivante:

$$C = W \log2 \left(1 + S/N\right) \quad \textbf{(2.3)}$$

W est la largeur de la bande passante exprimée en Hertz,
S/N représente la valeur du rapport puissance du signal à puissance du bruit en dB,

Exercice 3 [15, 18]
Sur une liaison téléphonique RTC dont la bande passante W a une largeur de 3100 Hz.

Calculer la capacité C pour:
1- un rapport $\frac{S}{N} = 1000$.
2- un rapport $\frac{S}{N} = 32$ dB

*Selon l'Equation **(2.3),**
$C = W \log 2 \left(1 + \frac{S}{N}\right) = 3100 \log 2 \ (1 + 1000) = 30900 \text{ bit}/s.$
$*10\log 10 \ \left(\frac{S}{N}\right) = 32$ donc $\left(\frac{S}{N}\right) = 1585.$
$C = W \log 2 \left(1 + \frac{S}{N}\right) = 3100 \log 2 \ (1 + 1585) = 3100 \times 10.63 = 33000 \text{ bit}/s.$

2.4 Principaux supports de transmission

- **Câble à paires torsadées** [14, 16, 21]

Il est composé de 2, 4, 6, ou 8 fils torsadés deux par deux. Chaque paire de ces fils est une paire torsadée composée de deux conducteurs en cuivre, isolés l'un de l'autre et enroulés de façon hélicoïdale autour de l'axe de symétrie longitudinal. C'est le support le plus courant dans les réseaux LAN, mais aussi sur l'interface d'accès WAN avec des connecteurs au format RJ45 (voir Figure 2.3).
La paire torsadée résiste plus ou moins bien aux interférences électromagnétiques et à la diaphonie. Cependant, le coût est plus ou moins élevé. Les paires torsadées sont :
-Non blindée UTP (Unshielded Twisted Pair),
-Écrantées (FTP ou ScTP, Foiled/Screened TP),
-Blindées (STP, Shielded Twisted Pair).

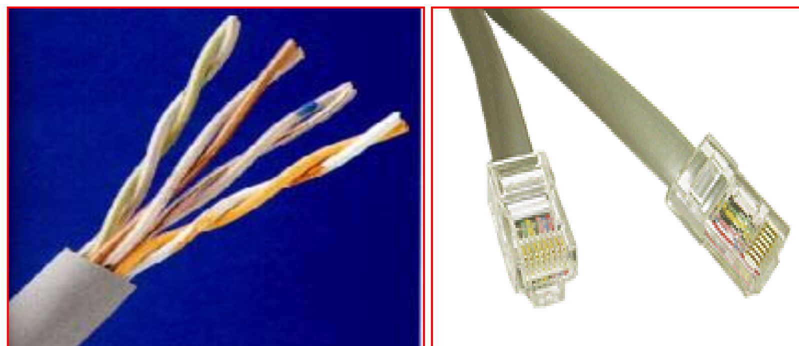
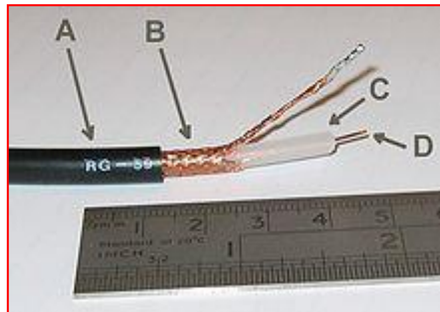


Figure 2.3 Câble à paires torsadées [21]

- **Les câbles coaxiaux [16, 21]**

Il est composé de deux conducteurs cylindriques de même axe, séparés par un isolant afin de protéger contre les perturbations dues aux bruits externes. C'est le type de câble le moins cher utilisé comme une liaison transatlantique (des circuits téléphoniques simultanés sur câbles coaxiaux en cuivre 1983).
La figure suivante représente un câble coaxial flexible de type RG-59



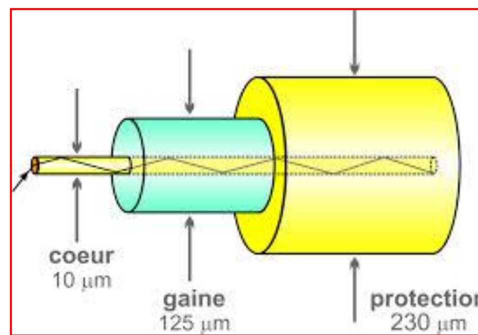
A : Gaine extérieure en plastique
B : Blindage en cuivre
C : Diélectrique
D : Conducteur central (âme) en cuivre

Figure 2.4 Câble coaxial [22]

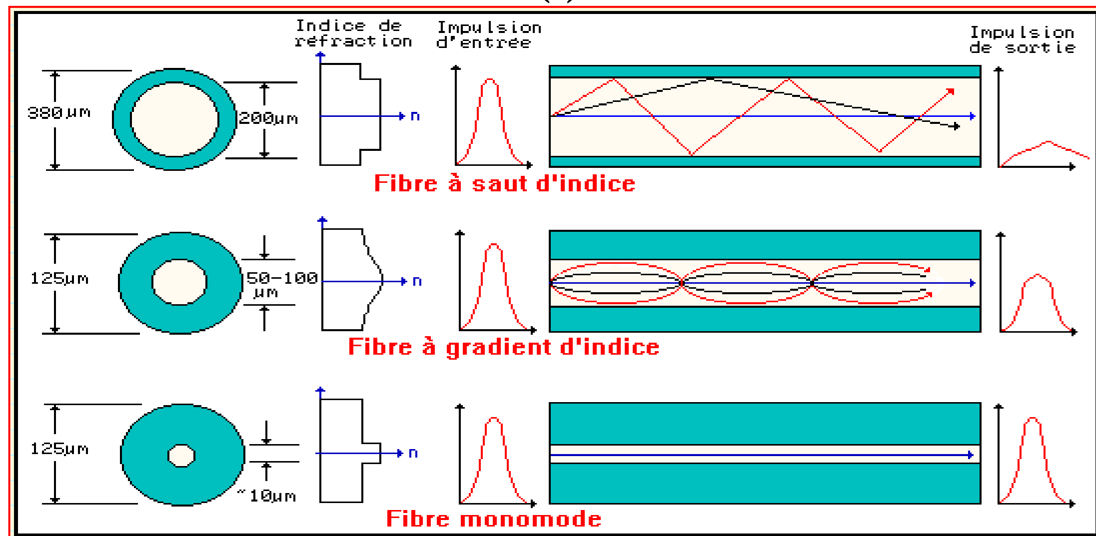
- **La fibre optique [14, 16, 17]**

Une fibre optique est un fil de verre très fin, à base de silice. Elle a la propriété d'être un conducteur de lumière. Une impulsion lumineuse représente l'information binaire 1 tandis que l'absence de lumière représente l'information binaire 0.
Les caractéristiques essentielles d'une fibre optique sont:
-une vitesse de 100Mbit/s ou de 1Gbit/s dans les réseaux LAN.
-elle fonctionne par impulsions lumineuses (1,0).
-elle est insensible aux interférences électromagnétiques.
-elle a un rayon de courbure faible et un poids de quelques grammes au kilomètre.
-elle est très couteux.
-sa connectique est délicate.

Les meilleures fibres optiques présentent une atténuation de 0,3 dB/km. Trois types de fibre optique
1- La fibre à saut d'indice : utilisée dans les réseaux locaux de type LAN.
2- La fibre à gradient d'indice : aussi utilisée dans les réseaux locaux.
3- La fibre monomode : utilisée dans les cœurs de réseaux mondiaux (Pour de plus longues distances et/ou de plus hauts débits).



(a)



(b)

Figure 2.5 (a) La Fibre optique [23], (b) Les trois types de fibre optique [17]

- **Transmissions sans fil**

L'absence de support matériel amène une certaine flexibilité et convenable aux applications comme la téléphonie RTC ou les télécommunications mobiles, sans utiliser la pose coûteuse de câbles. Les supports sans fil reposent sur l'utilisation de fréquences et l'affectation des bandes varie d'un pays à l'autre [17]. Dans le tableau 2.1, les supports non limités sont représentés [14]:

support	couverture	atténuation (Km)	Sensibilité aux interférences électromagnétiques
micro-ondes terrestres	faisceau directionnel	80	élevée
micro-ondes satellites	faisceau étroit ou large	milliers	élevée
laser	faisceau directionnel	plusieurs	nulle
infra- rouge point à point	faisceau directionnel	<1	nulle
infra- rouge diff usé	omnidirectionnel	<1	nulle
radio	omnidirectionnel	centaines	Moyenne à élevée

Tableau 2.1 Les supports non limités [14]

Chapitre 3 La téléphonie numérique cellulaire GSM

3.1 Introduction

Le développement de la radiotéléphonie mobile s'est farouchement accéléré ces dernières années, il a conduit à l'émergence de nombreux systèmes de communications et de nombreux services tels que : les applications multimédia, l'accès internet, la vidéoconférence, l'envoi de mail, les jeux vidéo en ligne, la téléphonie et la télévision numérique. Au début de la première génération de technologie de téléphonie mobile (1G), nombreux standards étaient présents par exemple : le Radiocom 2000, l'AMPS (Advanced Mobile Phone Service), le TACS (Total Access Communication System) et le NMT (Nordic Mobile Telephone). La principale limite de la 1G était due à l'emploi de la modulation analogique FM **(**Frequency modulation) qui limitait considérablement le nombre d'utilisateurs (abonnés) et qui offrait un service de radio téléphonie mobile avec des terminaux lourds et encombrants. Le temps de liaison vers les abonnés filaires était long. L'abonnement et les terminaux étaient chers. Le GSM « Global System for Mobile communications » est la première norme de téléphonie cellulaire numérique lancée en 1991. Par opposition aux anciennes technologies analogiques de la 1G, le GSM fut qualifié réseau de 2ème Génération (2G) [24, 25, 26].

3.2 Les réseaux de la 2G

La 2G de systèmes cellulaires utilise une technologie numérique pour les donnés ainsi que pour le signal vocal. Les standards de téléphonie cellulaire de 2G utilisent les systèmes d'accès et le multiplexage fréquentiel (voir l'Annexe): TDMA (Time Division Multiple Access)/FDD (Frequency Division Duplexing) ou CDMA (Code Division Multiple Access)/FDD, afin d'apporter une meilleure qualité ainsi qu'une plus grande capacité à moindre coût pour l'utilisateur. La (2G) utilise essentiellement les standards suivants:
GSM (2G), GPRS (General Packet Radio Services, 2.5G), EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution, 2.75G) [26, 27]. FDM (Frequency Division Multiplexing) est une technique de multiplexage par répartition de fréquence. Elle consiste à partager la bande de fréquence disponible en un certain nombre de canaux ou sous-bandes plus étroits et à affecter en permanence chacun de ces canaux à un utilisateur.

3.2.1 Le GSM

Les caractéristiques essentielles de cette norme sont données dans le Tableau 3.1

standards	Fréquence (MHz)	Mode d'accès	Duplexage	Débit binaire brut (Kbit/s)	Largeur des canaux (KHz)	Nombre de canaux Avec 8 utilisateurs par canal
GSM	935-960 890-915	TDMA/FDM	FDD	270.833	200	124

Tableau 3.1 Caractéristiques de la norme GSM [26]

Les grands standards de téléphonie cellulaire de deuxième génération sont [26-27]:

Les grands standards de téléphonie	Fréquence (MHz)	Mode d'accès
DCS: Digital Communication System	1805-1880 1710-1785	TDMA/FDM
DECT: Digital European Cordless Telephone	1880-1900	TDMA/FDM
IS 54 NADC: North American Digital Cellular	869-894 824-849	TDMA/FDM
IS 95: CDMA One	869-894 824-849	CDMA/FDM
IS 136: Digital Advanced Mobile Phone System	869-894 824-849	TDMA/FDM
PDC: Personal Digital Cellular	810-826 940-956 1777-1801 1429-1553	TDMA/FDM
PHS: Personal Handy Phone System	1895-1918	TDMA/FDM

Tableau 3.2 Les grands standards de téléphonie cellulaire de 2G [26,27]

Chaque norme est caractérisée par un mode d'accès et par un nombre de canaux calculé en fonction de la largeur des canaux et de la bande de fréquences.

3.2.2 Le système GPRS

Une première évolution du standard GSM, le GPRS ajoute par rapport au GSM une couche dans le protocole de communication permettant de transporter des données en mode paquet avec des débits théoriques maximums de l'ordre de 171,2 kbit/s (en pratique jusqu'à 114 kbit/s) et de conserver le mode circuit pour les faibles débits à une dizaine de Kbit/s.
Le standard GPRS utilise l'architecture du réseau GSM pour le transport de la voix, et propose d'accéder à des réseaux de données (notamment internet) utilisant un accès en mode paquet à des réseaux de données à commutation de paquets de type X.25 ou IP (Internet Protocol).
Le système GPRS est une application à débit moyen de type multimédia [26, 27].

3.2.3 Le système Edge GSM

Le système Edge GSM est une application à haut débit de type multimédia. Cette norme réutilise les mêmes caractéristiques spectrales que la norme GSM, mais avec un débit augmenté (384 à 473 Kbits/s). Cette solution combine entre la modulation 8 PSK (8 Phase Shift Keying) et l'utilisation de plusieurs intervalles de temps (times slot) lors de la transmission, au lieu d'utiliser un seul intervalle de temps dans la GSM [26, 27].

3.3 Architecture et Equipements d'un réseau GSM

L'architecture d'un réseau GSM peut se découper en trois sous-ensembles [26, 28, 29]:
-Le sous-système radio BSS (Base Station Subsystem), qui assure les transmissions entre les stations mobiles (les téléphones GSM) et la station de base et gère la ressource radio par le contrôleur de station de base.
-Le sous-système réseau NSS (Network Subsystem) ou d'acheminement, est constitué de l'ensemble des fonctions nécessaires à l'établissement des appels et à la mobilité.
-Le sous-système d'exploitation OMC (Operation and maintenance Center Radio) et de maintenance, qui permet à l'opérateur de gérer son réseau.

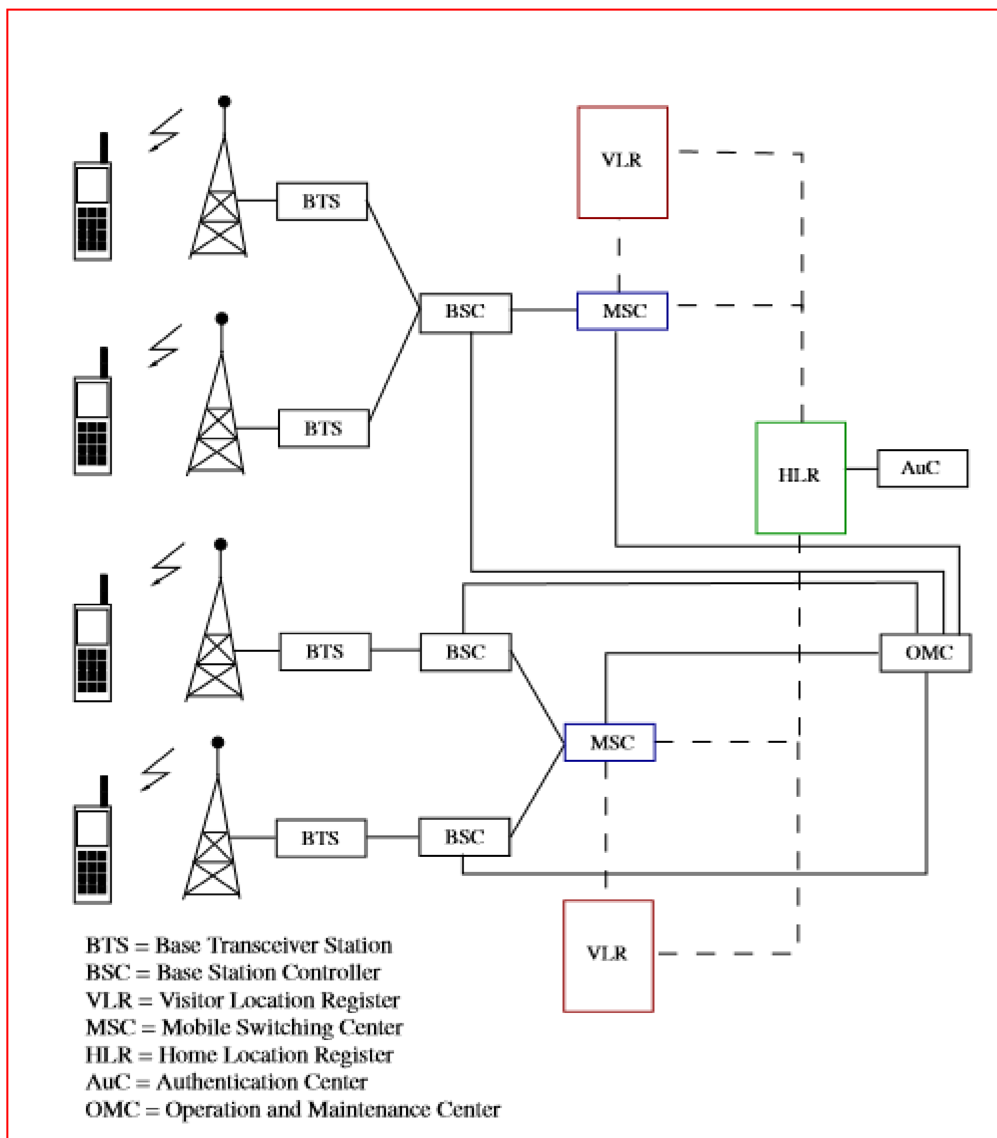


Figure 3.1 Architecture du réseau GSM [28]

3.3.1 Le sous-système radio BSS (Base Station Subsystem)

Le sous-système radio: gère la transmission radio des abonnées par voie hertzienne. Il est constitué de plusieurs mobiles et de deux éléments : la station de base (BTS) et le contrôleur de stations (BSC). (Voir Figure 3.1) [26, 29].

- **Le téléphone mobile GSM** ou la station mobile est définie par deux identités [29]:

- Le numéro d'équipement, **IMEI** (International Mobile Equipment ldentity) enregistré dans la mémoire du téléphone mobile lors de sa fabrication.
-Le numéro d'abonné **IMSI** (International Mobile Subscriber ldentity) trouvé dans la carte SIM (Subscriber ldentity Module) de l'abonné.

- **La station de base BTS [26]**

La BTS définie comme un ensemble d'émetteurs/récepteurs. Elle gère les difficultés liées à la transmission radio (modulation, démodulation, codage …) et réalise des mesures radio afin de vérifier qu'une communication en cours se déroule correctement, par l'évaluation de la distance et de la puissance du signal émis par le mobile de l'abonné. Le placement et le type des BTS définissent la forme des cellules. Il existe trois types de station de base:

Les BTS rayonnantes pour couvrir les sites à faible densité d'abonnés.
Les BTS ciblées pour les zones à plan forte densité d'abonnés.
Les micros BTS couvrent des sites à forte densité d'abonnés.

- **Le contrôleur de stations de base BSC [28]**

Il gère les ressources radio pour la zone de couverte par plusieurs BTS qui y sont connectées et gère les transferts inter-cellules des utilisateurs dans sa zone de couverture.

3.3.2 Le sous-système réseau NSS (Network Switching Subsystem): Est constitué de commutateurs et de base de données utilisateurs:

- **Le centre de commutation mobile MSC :** Il assure la commutation entre les abonnés du réseau mobile et ceux du réseau RTC, Les MSC jouent le rôle de passerelle, GMSC (Gateway Mobile Switching Centre), pour assurer une inter opérabilité entre réseaux d'opérateurs [26, 28].

- **L'enregistreur de localisation nominale HLR :** Il s'agit d'une base de données, qui gère toutes les informations relatives aux abonnés: le type d'abonnement, la clé d'authentification, les services souscrits, le numéro de l'abonné, etc. Il gère également la position courante de l'abonné dans la zone. Il y a une HLR par opérateur [26, 28].

- **L'enregistreur de localisation des visiteurs VLR :** c'est un deuxième type de base de données. Elle stocke les informations de l'abonné liées à sa mobilité, comme sa zone de localisation. Le VLR contient également d'autres informations générales sur les usagers, ainsi que le numéro permettant de joindre le portatif sur le réseau. Ce VLR est généralement associé à un MSC ; on parle donc l'ensemble MSC/VLR [26, 30].

- **Le centre d'authentification AuC** : il est utilisé pour le chiffrement (le cryptage) des transmissions radio des communications et de l'identification des abonnées. Sa base de données contient le numéro réseau de l'abonné et les paramètres de calcul du cout des communications [26, 28].

- **L'enregistreur d'identité des équipements (EIR) :** Cette base de données contient les numéros d'identification des mobiles IMEI. Si le terminal n'est pas homologué, ou s'il est signalé comme volé, l'opérateur peut décider de refuser l'accès au réseau [26].

3.3.3 Le Sous Système Exploitation l'OMC (Operation and Maintenance Center) et le NMC (Network Management Center)

Le NMC opère de manière centralisée. L'OMC effectue une supervision locale des équipements. Parmi les principales activités de gestion, citons [28]:
-La gestion administrative (la déclaration des abonnés et des terminaux…).
-La gestion commerciale (la facturation…)
-La gestion technique (la configuration des équipements et des logiciels du réseau, l'observation de trafic et détection des surcharges, la remontée des alarmes,….).

3.4 Protocoles

3.4.1 Pile de protocoles

Les protocoles de différents éléments du réseau GSM sont [28] (voir Figure 3.2) :

1. Le protocole CC (Call Control) pour le traitement des appels tels que l'établissement, la terminaison et la supervision.
2. Le protocole SMS (Short Message Service) qui permet l'envoi de courts messages à partir d'un mobile.
3. Le protocole SS (Supplementary Services) pour les compléments de services (le CLIP « Calling Line Identification Presentation », le CLIR « Calling Line Identification Restriction »……).
4. Le protocole MM (Mobility Management) se trouve dans le NSS. Il gère l'identification, l'authentification sur le réseau et la localisation d'un mobile.
5. Le protocole RR (Radio Ressource management). Pour la partie radio, il assure l'interconnexion entre la BTS et le BSC car ce dernier gère l'attribution des fréquences radio dans une zone.

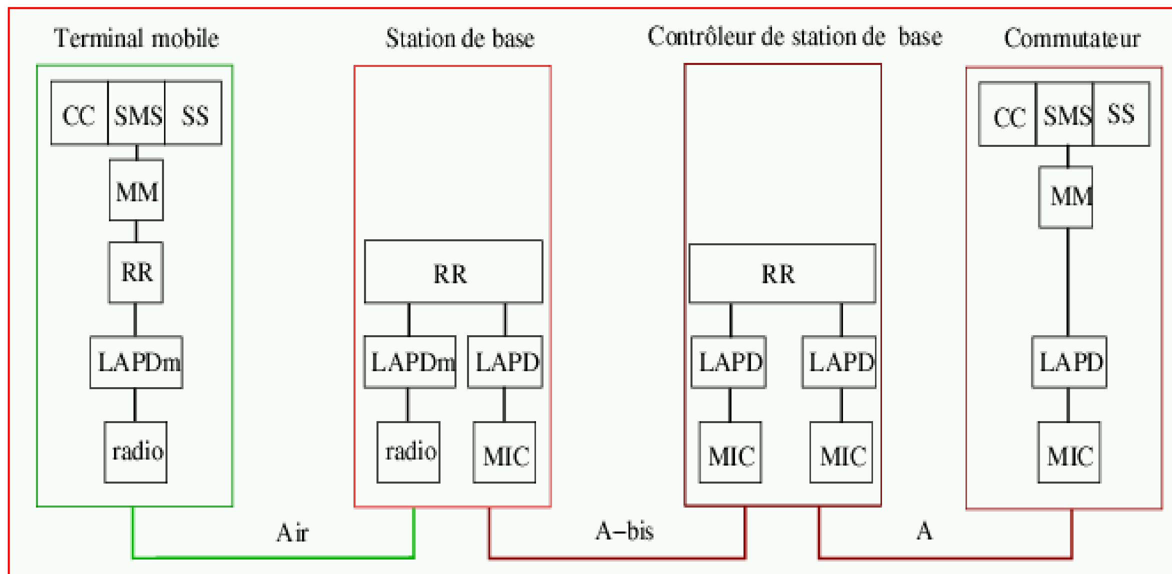


Figure 3.2 Piles de protocoles de différents sous systèmes du réseau GSM [28]

3.4.2 Les interfaces [26, 28, 30, 31]

Les interfaces normalisées (interfaces A-bis, A, Air, X25 ….) sont utilisées entre les éléments du réseau pour la transmission du trafic (paroles ou données) et pour les informations de signalisation (dialogue entres les éléments du réseau GSM). Selon la Figure 3.2 on distingue les trois types d'interface:

-interface A-bis connecte le BTS et BSC.

-interface A relie le BSC et le commutateur MSC.

-interface Air connecte le BTS et BSC c'est liaison radio numérique.

Les différents types d'interfaces utilisent des protocoles de signalisation (Réseau Sémaphore Numéro 7) du CCITT (Comité Consultative International Télégraphique et Téléphonique) pour les couche OSI basses (MTP, Message Transfert Protocol) et sur le protocole MAP (Mobile Application Protocole) pour la couches hautes:

B entre MSC et VLR,

C entre MSC et HLR,

E entre MSC et MSC,

F entre MSC et EIR,

G entre VLR et VLR,

D entre VLR et HLR/AUC

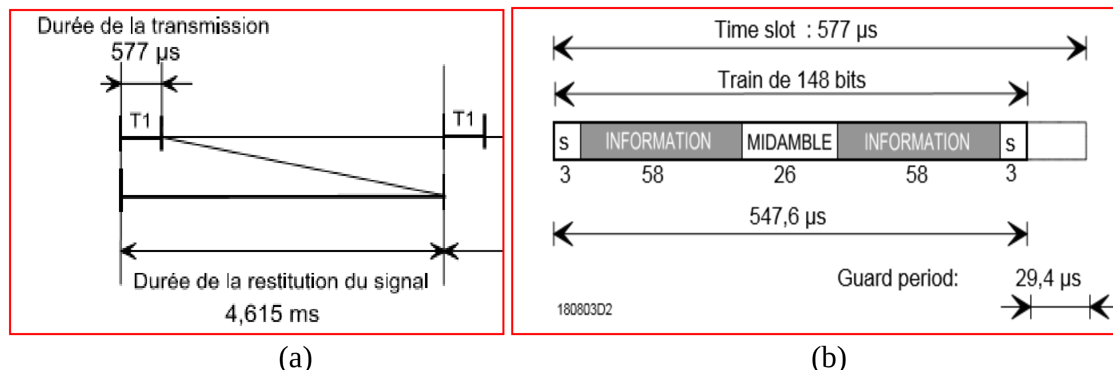
X25 entre BSC et OMC

REM entre OMC-R et BSS ou entre OMC-S et NSS

3.4.3 Typologie des paquets

Un mobile GSM en communication utilise seulement un intervalle de temps, permettant ainsi de faire travailler jusqu'à 8 mobiles différents sur la même fréquence de porteuse. La durée d'un intervalle de temps pour le GSM est fixée à 0,5769 ms.
Pour une trame élémentaire TDMA de (08) intervalles de temps la durée est : 8 × 0,577 = 4,615ms [28, 29].

Les figures suivantes présentent la restitution du signal vocal (time slots 8) et le format des bits transmis pendant un time slot.



(a) (b)

Figure 3.3 (a) Durées de transmission et de restitution, (b) Structure d'un burst GSM [32]

L'intervalle de temps comprend un train de 148 bits appelé burst d'une duré 547.6 µs, qui contient [32]:
-2 séries S de 3 bits de synchronisation en début et en fin de l'intervalle de temps.
-2 séries d'information (voix et données) de 58 bits.
-1 séquence de 26 bits fixes (connus du téléphone mobile et de la BTS) sont utilisés pour corriger l'effet de trajets multiples sur les signaux.
Et pour séparer deux time slots successifs, le burst est suivi d'une interruption de la transmission appelée (Guard period), d'une durée de 29,4 µs.

Il existe 5 types de bursts dans la terminologie GSM [28]:
1. Les bursts d'accès envoyés par les mobiles pour entrer en contact avec le réseau.
2. Les bursts de synchronisation pour la localisation et les fréquences utilisées.
3. Les bursts normaux qui portent les messages.
4. Les bursts de correction de fréquence.
5. Les bursts de bourrage qui sont placés dans les espaces vides si aucune donnée ne doit être envoyée.

Dans la norme GSM les trames sont regroupées comme suit [28] (voir Figure 3.4):
Une multi-trame de type 26 trames TDMA élémentaires et une multi-trame de type 51 trames TDMA élémentaires,
Une super-trame de type 26 multi-trames et une super-trame de type 51 mutli-trames.
Une hyper-trame = 2048 super-trames= 2.715.648 trames.

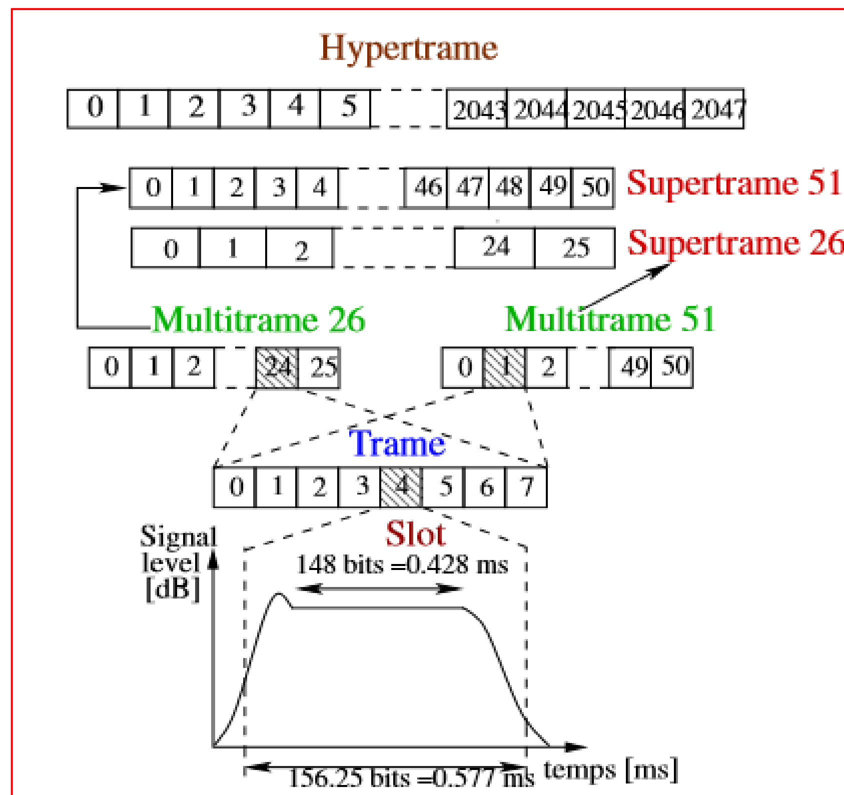


Figure 3.4 Organisation des multiples de trames [28]

3.5 Principe de la radiotéléphonie mobile GSM

3.5.1 Le concept cellulaire

Le principe de système cellulaire est de diviser la région couverte en de petites zones, appelées cellules. Dans chaque cellule, la station de base BTS a un certain rayon d'action, d'au maximum 36 Km, elle ne pourra communiquer qu'avec les mobiles présents dans cette cellule [26, 28]. La Figure 3.5 représente le principe des cellules.

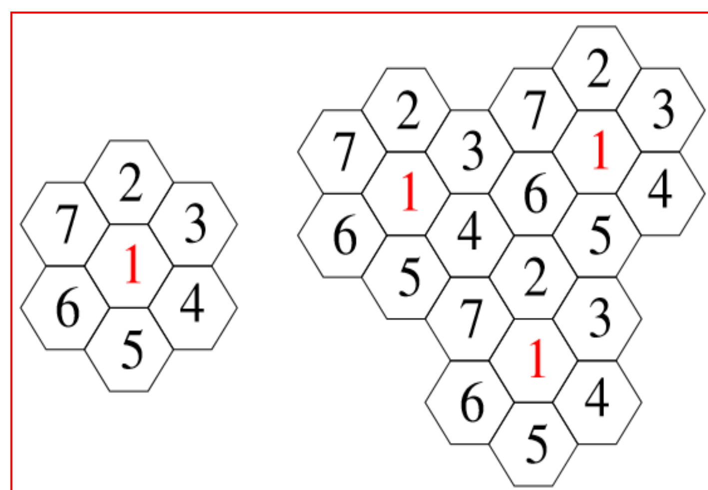


Figure 3.5 Le principe des cellules [28]

Les cellules sont modélisées par des hexagones. La conception d'un réseau cellulaire est basée sur les aspects suivants [26, 33]:

1-La topographie (bâtiments, montagnes, ...)
2-La densité de la population pour établir la taille de cellule (entre 0.5 et 35 km).
3-Deux cellules adjacentes ne peuvent utiliser deux fréquences similaires afin d'éviter les interférences.

Dans un réseau cellulaire, la liaison radio entre un mobile et une BTS n'est pas attribuée définitivement pour toute la communication. Le handover ou Itinérance, représente la commutation d'un appel en cours vers une autre cellule, c'est-à-dire la capacité pour un mobile de changer de cellule sans interruption de la conversation.
Le roaming c'est une vaste mobilité qui permet à l'abonné d'un réseau téléphonique d'utiliser son mobile dans une autre que la zone d'origine de l'opérateur téléphonique. Il est donc généralement employé à l'étranger grâce à des accords entre les opérateurs [26, 34].

Il existe (05) cinq types de handover, comme illustre la figure suivante [34]:
- Les handovers internes (1-intra cellule, 2- intra BSC).
- Les handover externes (3-intra MSC, 4- inter MSC).
- Le roaming (5-handover inter réseau).

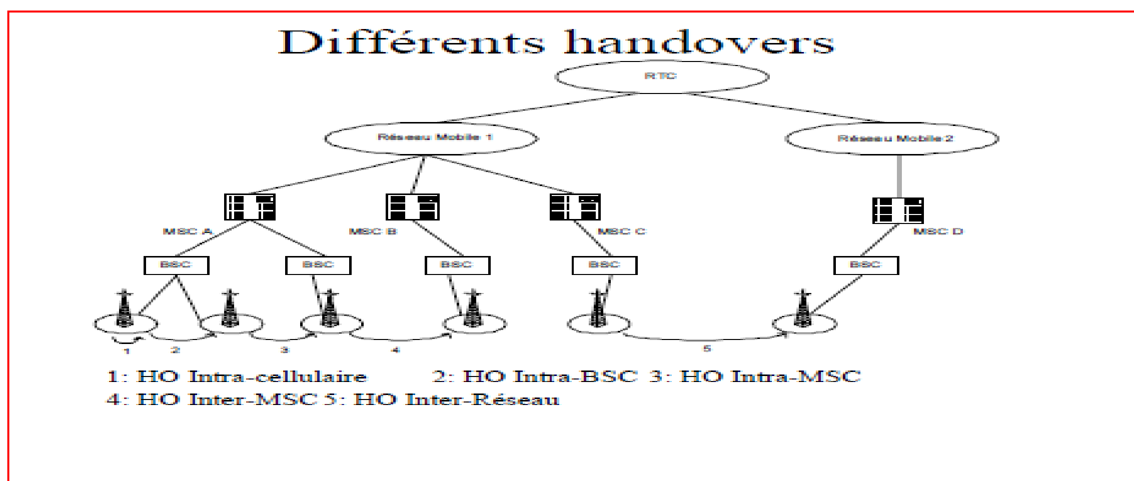


Figure 3.6 Les différents types de handover [34]

3.5.2 Ingénierie cellulaire: Mesures

L''ngénierie cellulaire a pour objet de fixer un certain nombre de paramètres:

-La taille de cellule
Dans la zone rurale l'opérateur utilise des grandes cellules (jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres) parce qu'elle supporte un trafic plus faible qu'une zone urbaine dense. C'est la raison pour laquelle en zone urbaine, les cellules sont de taille plus faible (quelques centaines de mètres au maximum) afin de s'adapter à la densité des utilisateurs. La réduction du nombre de BTS possède deux avantages : réduire le risque d'interférences et diminuer le nombre de handovers [25, 26].

-Implémentation des relais
l'installation des relais est dépendante de la topographie du terrain, l'opérateur utilise un simulateur informatique à jour basé sur une cartographie précise de la région afin de calculer la couverture de chaque relais (puissance des BTS, type d'antennes) [25]

-Configuration des relais
Deux paramètres sont à déterminer:
1-**Puissance de la BTS**: est basée sur un bilan da liaison qui prend en considération la puissance émise au niveau de l'antenne, la sensibilité des équipements, le gain d'antenne, le gain en réception, les différentes pertes et ceci pour les deux sens de liaison (Uplink: montant et Downlink: descendant).
2-**Capacité de la BTS** pour calculer le nombre de time slot TDMA que devra supporter la BTS. Cette capacité est liée au calcul de trafic qui prend en compte le nombre de mobile (la population fixe et de passage) dans la cellule et la durée moyenne de communication [25, 29].

-Allocation des fréquences

On ne prend pas des fréquences au hasard. En Algérie, les fréquences GSM sont réparties par l'Autorité de Régulation de la Poste et des Télécommunications (ARPT) entre les différents opérateurs, moyennant le paiement d'une licence d'exploitation [25, 35].

-Supervision du réseau Le réseau installé est sous la supervision des techniciens dans un centre de contrôle national ou régional afin de réparer les pannes, répertorier les surcharges et lancer des essais terrain sur la zone pour vérifier la qualité de la couverture radio et intervenir le cas échéant [25].

Chapitre 4 Les nouvelles générations de la téléphonie numérique

4.1 Introduction

Durant les dernières années, la téléphonique cellulaire a subi une évolution rapide d'une génération à une autre. Elle a pour but d'offrir un service de meilleure qualité aux abonnés et d'apporter des bénéfices très significatifs en termes de débits, de capacité (le nombre d'utilisateurs) et de services (voix, vidéo haute définition, Internet haut débit…).

4.2 La troisième génération de systèmes cellulaires (3G): Cette technologie permet des services de communication plus rapides (la voix, l'internet, les services multimédias) à tout moment et de n'importe quel lieu [33]. L'UIT (l'union internationale de télécommunication) à l'occasion de son assemblée des radiocommunications d'Istanbul mai 2000, a adopté un ensemble de systèmes comportant plusieurs interfaces plus ou moins compatibles entre elles. Cet ensemble est appelé IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) qui couvre (05) cinq méthodes différentes d'accès radioélectrique: W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Acces, multiple par répartition en code à large bande), CDMA 2000- 1X, TD-SCDMA (Time Division Synchronous Code Division Multiple Access), EDGE et enfin DECT. Parmi les cinq méthodes, l'utilisation de la technologie W-CDMA nécessite l'installation d'un nouveau réseau tandis que la technologie CDMA2000 1X nécessite seulement la mise à niveau à partir d'un réseau CDMA des réseaux GSM et GPRS de la 2G [36].
La Figure 4.1 illustre la famille IMT 2000.

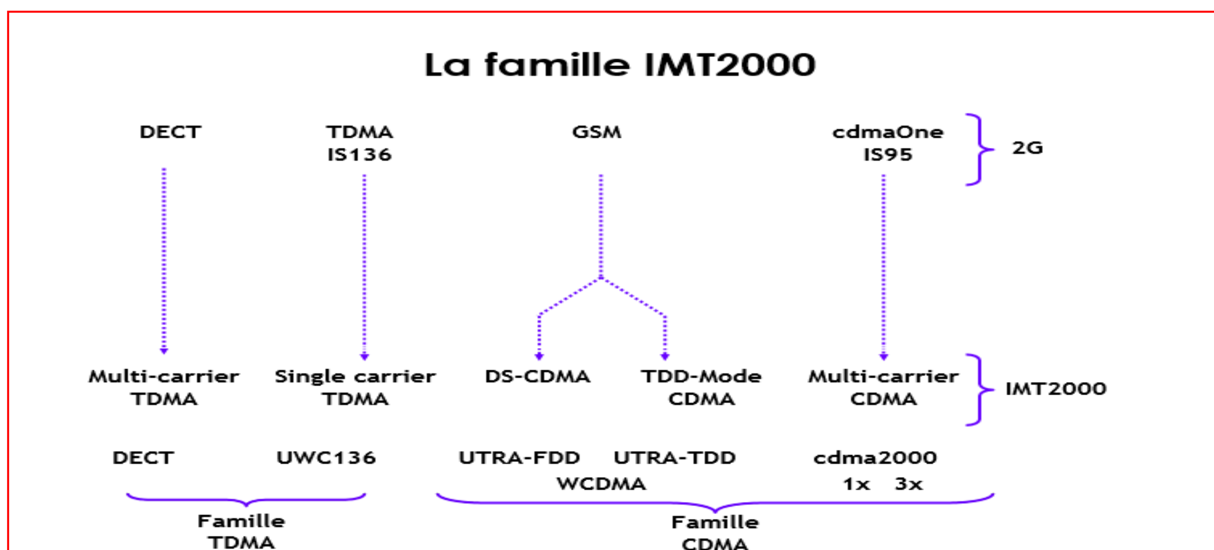


Figure 4.1 La famille IMT 2000 [37]

4.2.1 Le système UMTS

Le système mobile universel de télécommunications UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) est un système de troisième génération (3G) développé par UIT dans la famille IMT2000 [26, 37].

L'ETSI (European Telecommunication Standards Institute) est l'organisme de normalisation de l'interface radio UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Acces Network) de l'UMTS, dont les travaux sont repris par la 3GPP (Third Generation Group Project Partnerchip) (en 1998, le 3 GPP regroupe le Japon, l'Europe, les USA, la Corée et la Chine) [26, 38].

L'objectif principal de l'UMTS est d'intégrer tous les réseaux de 2G du monde entier en un seul réseau, d'améliorer la vitesse de transmission (haut débit pour les données, Internet), d'augmenter le nombre d'abonnés par unité de surface, de développer une meilleure couverture radio, d'améliorer la convergence des téléphones fixes et mobiles [26, 38, 39].

Le Tableau 4.1 donne les principales caractéristiques de la norme UMTS [26]:

Fréquence (MHz)	Mode d'accès	Duplexage	Modulation	Débit binaire brut (Kbit/s)	Largeur des canaux (KHz)
1920-1980 2110-2170	WCDMA (bande appariée)	FDD	QPSK 2bit/sym	144	5
1850-1910 1930-1990	TDCDMA (bande non appariée)	TDD		384 2048	10 20

Tableau 4.1 Caractéristiques de la norme UMTS [26]

La répartition par code à large bande W-CDMA (Wideband-CDMA), acceptable pour la division duplex dans les bandes dites "appairées" (2×60 MHz), est fréquentielle (FDD). L'écart duplex vaut 190 MHz. La répartition par code et dans le temps TD-CDMA (Time Division-CDMA) valable pour la division duplex dans les bandes dites "non appairées (2×60 MHz), est temporelle (TDD). L'écart duplex vaut 80 MHz [38].
La modulation utilisée pour chaque canal est de type QPSK (Quadrature Phase Shift Keying).

4.2.2 L'architecture de l'UMTS

-Le réseau d'accès UTRAN: il contient des stations de base (Node B) associées à un contrôleur RNC (Radio Network Controller). (Ici la Node B et le RNC sont respectivement équivalent de la BTS et le BSC dans le réseau GSM), (voir la Figure 4.2).

-La Node B: elle effectue les procédures de la couche physique : la modulation, étalement de spectre, Contrôle de puissance en boucle interne, adaptation de débit, supporte les modes UTRA/FDD et UTRA/TDD [38].

-Le RNC : il Contrôle l'utilisation et l'intégrité des ressources Radio (admission, charge,..), gestion de la mobilité (handover), point d'accès pour le mobile vers le réseau cœur, allocation des codes d'étalement, contrôle de puissance en boucle externe. Il existe deux types de RNC: Le Serving RNC (contrôle et exécute le handover) et le Drift RNC (le routage des données) [38].

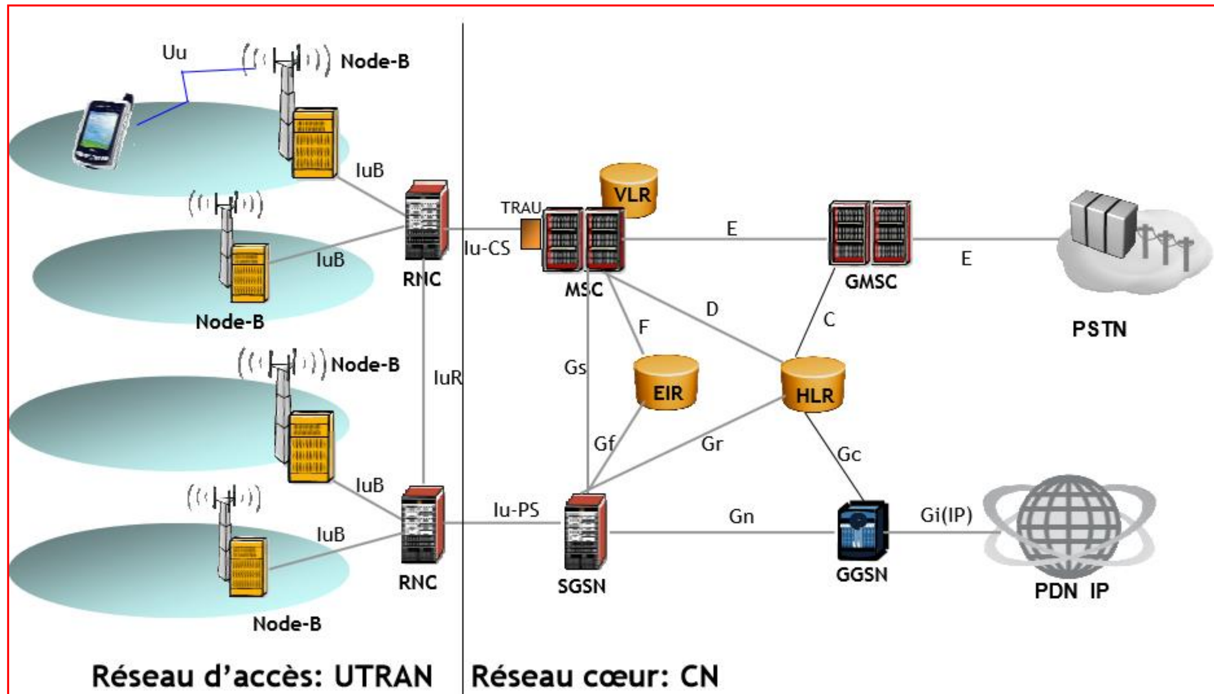


Figure 4.2 L'architecture de l'UMTS [37]

- La carte USIM (UMTS Subscriber Identity Module) : elle enregistre les identités de l'abonné et assure la sécurité du terminal et la confidentialité des communications [39]. Les terminaux s'adapteront sur différents réseaux [38]: Dans une zone rurale (pico cellule); dans un bâtiment (micro cellule); dans des espaces urbains (macro cellule); avec un satellite (voir Figure 4.3).

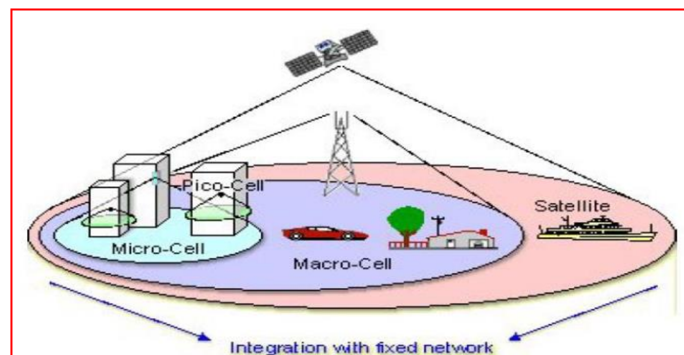


Figure 4.3: Les différentes cellules pour la norme UMTS [38]

-L'interface **Iur**: c'est une interface entre deux RNC. Elle permet en effet au Serving RNC de demander au Drift RNC d'ajouter ou de supprimer un lien radio. L'interface **Iub**, reliant le RNC au Node B, est comparable à l'interface Abis en GSM, l'interface **Iu** relie l'UTRAN au réseau cœur [38, 39].

-Le réseau cœur : il se décompose en deux parties comme illustre la Figure 4.4 : 1-Le domaine circuit permettra d'administrer les services temps réels destinés aux conversations téléphoniques. 2-Le domaine paquet il permet de gérer les services non on temps réels dédiés à la navigation sur l'internet [38].

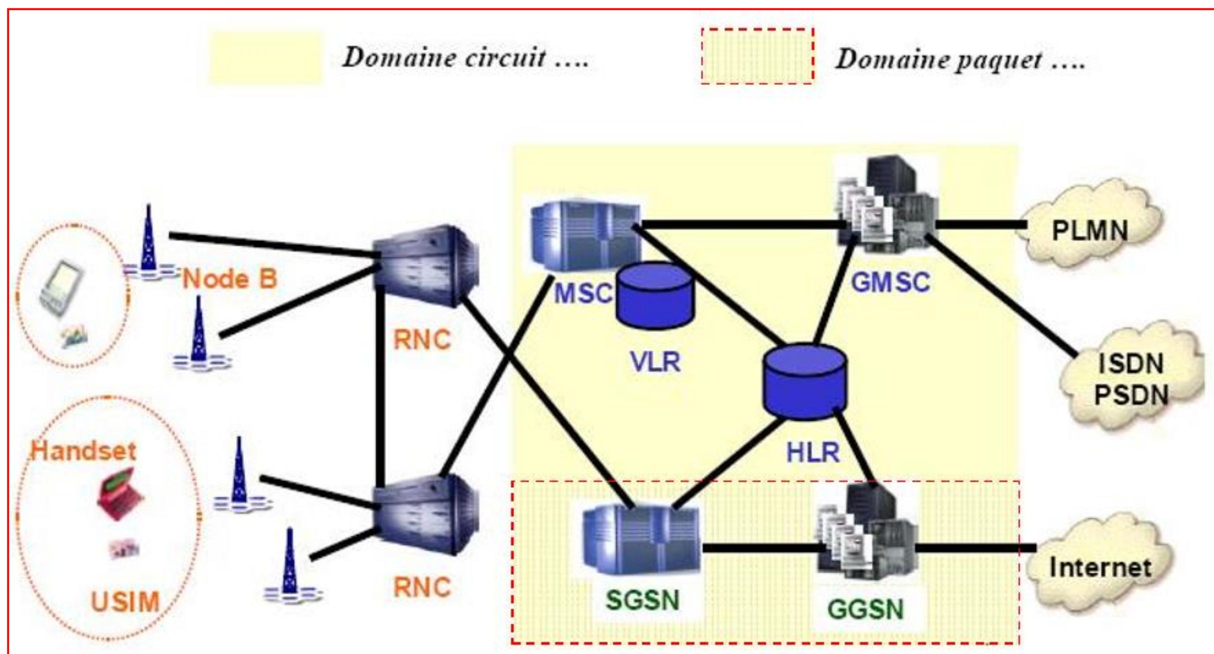


Figure 4.4 Le réseau cœur [38]

4.2.3 Chaîne de transmission 3G

La Figure 4.5 illustre les blocs de transmission de 3G [38]:

- Le Codage

Pour protéger contre les erreurs uniformément distribuées dans la chaine de transmission, le codage consiste à ajouter de la redondance au train binaire à émettre.

-L'Entrelacement

Les deux types d'entrelacement convolutionnel et par blocs sont utilisés pour étaler temporellement les mots d'informations codés afin de les protéger, contre des paquets d'erreurs dues aux trajets multiples du canal de transmission ou aux sources de bruit.

- L'Etalement de spectre

Il existe deux principales techniques d'étalement de spectre:

L'étalement par sauts de fréquence FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) et l'étalement par séquence directe DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), le rôle de ces derniers est d'élargir la bande passante du signal pour baisser leur niveau spectral tout en gardant sa puissance moyenne. (Voir Annexe).

-Le brouillage (scrambling)

Pour la séparation de voie, c'est-à-dire le brouillage va multiplier les données en sortie de l'entrelaceur par une séquence pseudo-aléatoire PN afin de distinguer les données dérivant d'autres canaux physiques.

-La modulation

Deux types de modulation sont utilisé, la modulation QPSK pour la liaison descendante (DL) et la modulation BPSK pour la liaison montante (UL).

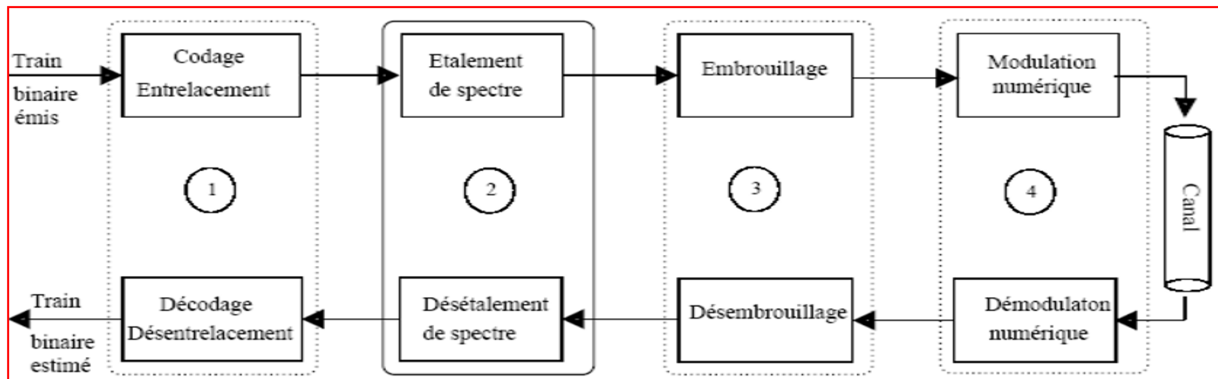


Figure 4.5 Chaîne de transmission [38]

4.2.4 Les canaux

Il existe trois types de canaux [37, 38] (voir la Figure 4.6):

1- Les canaux logiques (de contrôle et de trafic):

-Canaux logiques de contrôle: utilisés pour le transfert des informations dans le plan de signalisation

BCCH « Broadcast Control CHannel » : diffusion permanente d'informations système

PCCH « Paging Control CHannel » : envoi de radiomessagerie aux mobiles

CCCH « Common Control CHannel » : envoi ou réception d'informations de contrôle à des mobiles non encore connectés au réseau

DCCH « dedicated control channel »: envoi ou réception d'informations de contrôle à des mobiles connectés au réseau - transmission de la quasi totalité de la signalisation.

-Canaux logiques de trafic : utilisés pour le transfert des informations dans le plan usager

DTCH « Dedicated Trafic CHannel » : échange de données usager avec un mobile connecté au réseau.

CTCH « Common Trafic CHannel » : envoi de données usager en mode diffusion.

2-Canaux de transport : sont le point d'accès aux services de la couche physique.

-Les canaux de transport communs : utilisés pour le transfert d'information d'un ou de plusieurs UE (User Equipment) : - BCH « Broadcast CHannel », PCH« Paging CHannel », RACH« Random Access CHannel » FACH« Forward Access CHannel »: canal d'accès avancé, DSCH« Downlink Shared CHannel ».

-Les canaux de transport dédiés DCH « Dedicated CHannel »: Qui sont des canaux point à point dédiés à un seul UE et qui transportent des données de contrôle ou de trafic.

-Les canaux de transport partagés utilisés pour le transport des données de contrôle ou de trafic uniquement en voie descendante et partagés dynamiquement par différents utilisateurs.

3-Les canaux physiques qui sont les ressources utilisées sur l'interface radio pour la transmission des informations.

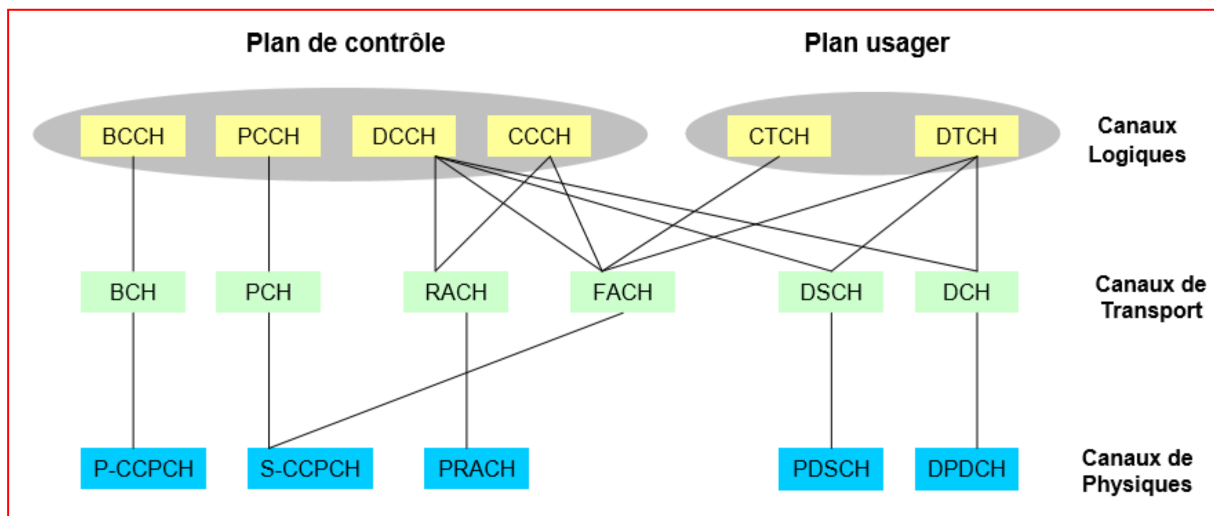


Figure 4.6 Les canaux [37]

Avant d'entamer l'évolution de la 3G (3G+), le Tableau 4.2 résume les caractéristiques de différents standards:

Standard	Génération	Bande de fréquence	Débit	
GSM	2G	Permet le transfert de voix ou de données numériques de faible volume.	9,6 kpbs	9,6 kpbs
GPRS	2.5G	Permet le transfert de voix ou de données numériques de volume modéré.	21,4-171,2 kpbs	48 kpbs
EDGE	2.75G	Permet le transfert simultané de voix et de données numériques.	43,2-345,6 kbps	171 kbps
UMTS	3G	Permet le transfert simultané de voix et de données numériques à haut débit.	0.144-2 Mbps	384 Kbps

Tableau 4.2 Caractéristiques de différents standards [26]

4.3 L'Evolution de l'UMTS (3.5 G)

L'UMTS connaît deux évolutions majeures [37, 40, 41]:

• Le HSPA (High Speed Packet Access);

• Le HSPA+ (High Speed Packet Access+).

Neuf Releases sont définies par le 3GPP entre 1998 et 2011. Une Release correspond à un ensemble de nouvelles modifications des spécifications approuvées par le 3GPP dans une période de temps donnée et un représente grand impact dans l'évolution des systèmes [26].

La figure suivante illustre les Releases du 3GPP (voir Annexe).

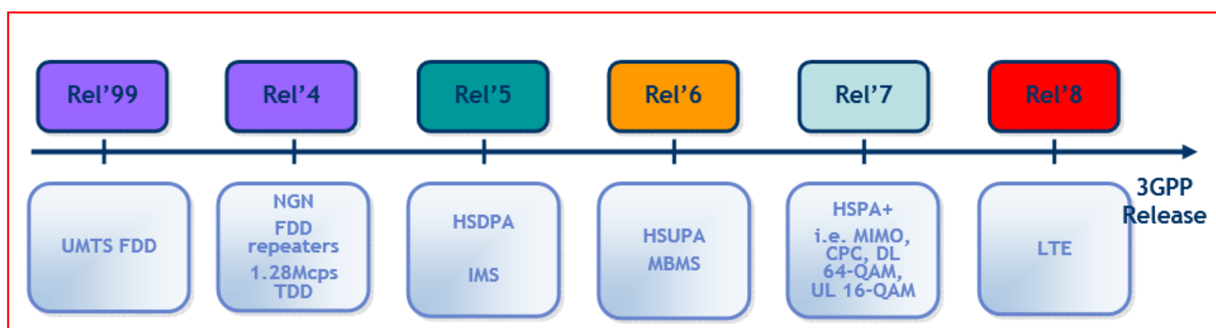


Figure 4.7 Les Releases du 3GPP [37]

4.3.1 Les évolutions HSPA [40, 41]

Les évolutions HSPA, le HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) pour la voie descendante et le HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) pour la voie montante, ont été définies par le 3GPP en Release 5 (2002) et Release 6 (2005) afin d'augmenter les débits possibles et de réduire la latence du système (voir Figure 4.7).

La latence désigne la mesure du temps nécessaire de réponse du système pour établir la demande de l'utilisateur.
La nouveauté principale du HSPA est le passage d'une commutation circuit sur l'interface radio pendant la durée de l'appel à une commutation par paquets, où la station de base décide dynamiquement du partage des ressources entre les utilisateurs actifs. Les modulations 16QAM (16 Quadrature Amplitude Modulation) et QPSK sont introduites respectivement pour la voie descendante et la voie montante. Ces évolutions fournissent aux utilisateurs des débits maximaux de 14,4 Mbit/s en voie descendante et de 5,8 Mbit/s en voie montante, ainsi qu'une latence réduite.

4.3.2 Les évolutions HSPA+ [40, 41]

L'Objectif principal de l'évolution HSPA+ est d'améliorer les débits fournis aux utilisateurs, la capacité du système et la gestion des utilisateurs always-on. Cette évolution a été normalisée par le 3GPP au cours des Releases 7 (2007) et 8 (2008). Les objectives cette technologie sont rendus possible par l'introduction de nouvelles techniques, la modulation 64QAM en voie descendante, la modulation 16QAM en voie montante et le MIMO (Multiple Input Multiple Output) en voie descendante. Le HSPA+ intègre une option d'architecture qui réduit la latence du système via la suppression du contrôleur de stations de base pour les services de données.

Le Tableau 4.3 donne la comparaison entre les technologies des Releases du 3GPP.

	GSM/GPRS/EDGE	**UMTS Release 99**	**HSPA**	**HSPA+ Release 8**
Débit maximal UL	118 Kbits/s	384 Kbit/s	5.8 Mbit/s	11.5 Mbit/s
Débit maximal DL	236 Kbits/s	384 Kbits/s	14.4 Mbit/s	42 Mbit/s
Latence	300 ms	250 ms	70 ms	30 ms
Largeur de canal	200 KHz	5MHz	5MHz	5 MHz avec possibilité de deux canaux simultanés
Technique d'accès multiples	FDMA/TDMA	CDMA	CDMA/TDMA	CDMA/TDMA
Modulation DL **Modulation UL**	GMSK 8PSK	QPSK BPSK	QPSK, 16QAM BPSK, QPSK	QPSK, 16QAM, 64QAM BPSK, QPSK, 16QAM
Bandes de fréquences usuelles (MHz)	900/1800	900/2100	900/2100	900/2100

Tableau 4.3 Comparaison des technologies des Releases du 3 GPP [40]

4.4 La 04 Génération de la téléphonie numérique

4.4.1 La norme LTE [37, 39, 40, 41, 42]

La norme LTE (Long Term Evolution of 3G) a été normalisée par le 3GPP à partir de la release 8, en réalité cette norme dite 3.99G. Pour les opérateurs, cette norme implique de changer le cœur des réseaux, cette modification a été réalisé dans la 4G.

L'objectif majeur du LTE est d'améliorer le support des services de données via une capacité accrue, une augmentation des débits, une continuité de la compétitivité du système 3G vis-à-vis des technologies concurrentes WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), une réduction de la latence, une réduction de la complexité, une souplesse d'utilisation des bandes de fréquences existantes et nouvelles, une consommation raisonnable de l'énergie du terminal. La norme LTE utilise la technologie OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) dans le sens descendant, le SC-FDMA (Single Carrier - Frequency Division Multiple Access) dans le sens montant, les modulations QPSK, 16 QAM, 64 QAM, les duplex FDD et TDD et les technologies (SISO Single Input Single Output, MIMO). Cette norme prend en charge la mobilité des utilisateurs en exécutant le Handover à une vitesse allant jusqu'à 350 km/h et il assure la compatibilité avec les normes 2G et 3G, et les réseaux CDMA-2000, il propose plusieurs bandes de fréquences allant de 1.25 jusqu'à 20 MHz pour couvrir de grandes surfaces. Le LTE/EPS (Evolved Packet System) est constitué d'un nouveau réseau d'accès appelé LTE et d'un nouveau réseau cœur appelé SAE (System Architecture Evolution).

LTE-Advanced est une norme de la 4 G définie par 3GPP (la fin 2011) qui fait partie des technologies réseaux retenues par UIT, il représente la vraie 4G. C'est une évolution de la norme LTE, il capable de fournir des débits supérieurs à 1 Gb/s à l'arrêt et à plus de 100 Mb/s pour un mobile en mouvement (à comparer à 20 MHz maximum en LTE) et .des performances radios accrues grâce aux évolutions de la technologie MIMO (8 antennes en émission x8 antennes en réception).

Le premier réseau 4G a été lancé, en décembre 2009, par l'opérateur suédois «TeliaSonera», le nombre d'abonnés total à la 4G au niveau mondial est 65 millions à la fin 2012 et plus de 915 millions à la fin 2016 [42] (les prévisions de nombre d'abonnés à la 4 G sont données en 2014). La figure suivante représente le nombre d'abonnés en million pour les dix premiers pays utilisant la 4G en 2012.

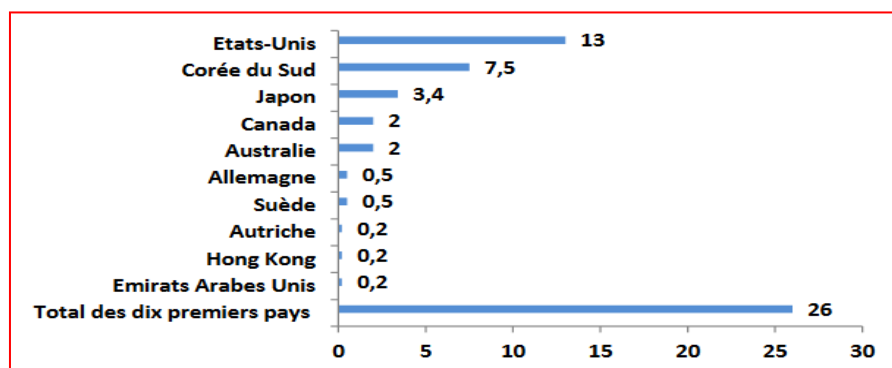


Figure 4.8 Le nombre d'abonnés en million pour les dix premiers pays utilisant la 4G en 2012 [42]

4.4.2 Architecture du réseau LTE/EPS [43]

L'architecture du réseau EPS est présentée dans la Figure 4.9:

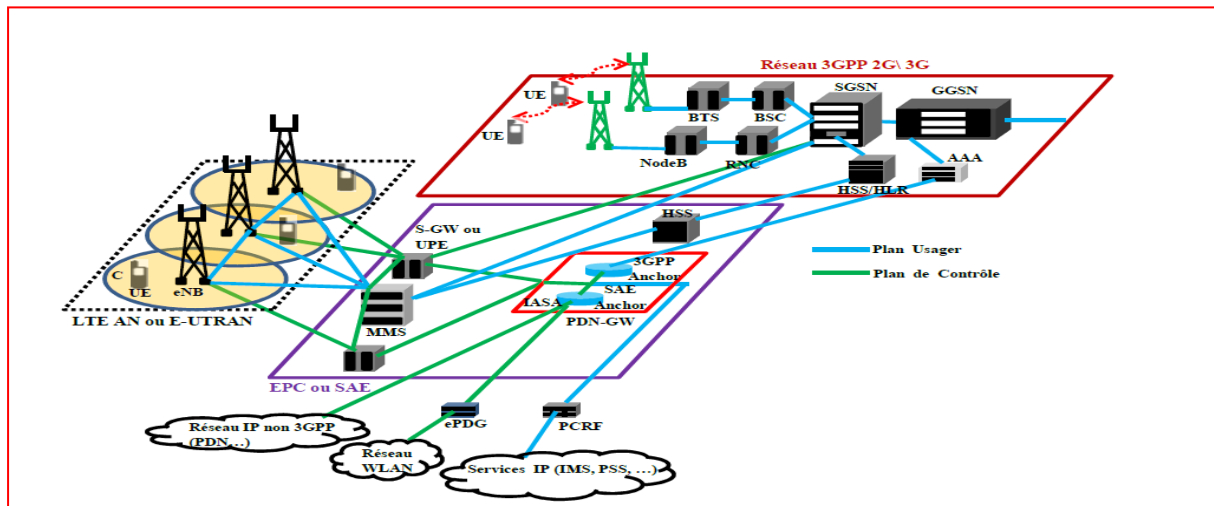


Figure 4.9 Architecture de l'EPS [43]

L'EPS est composée de plusieurs entités:

-UE: équipement utilisateur (abonné).

-eNodeB: responsable de la partie radio avec l'UE.

-MME (Mobility Management Entity): il gère la mobilité, l'authentification des utilisateurs, le Handover inter-domaines et inter-réseaux et la signalisation. Elle est responsable du Paging lorsque l'utilisateur est en état inactif.

-Serving GW (Serving Gateway) ou UPE (User Plane Entity): Elle est responsable du routage des paquets et elle joue le rôle d'une passerelle lors du Handover inter-domaines et inter-réseaux.
-PDN GW(Packet Data Network Gateway) ou IASA (Inter-Access System Anchor): Il est responsable de l'attribution des adresses IP aux utilisateurs. Il assure la mobilité entre entre le système 3GPP et les systèmes non 3GPP «WIFI (Wireless Fidelity), WIMAX etc. ».

-HSS (Home Subscriber Server): c'est une base de données, elle contient les informations de souscriptions pour les réseaux GSM, GPRS, 3G et LTE.

-PCRF (Policy & Charging Rules Function): donner les règles de la taxation.

-EPDG (Evolved Packet Data Gateway): c'est un élément réseau qui admet l'interopérabilité avec le réseau WLAN (Wireless Local Area Network), il assure les fonctions de routage des paquets (Tunneling, d'authentification, d'autorisation et d'encapsulation/ décapsulation des paquets).

4.5 Les technologies de téléphonie mobile utilisées en Europe [44]

	Acronyme	Description	Version 3GPP	Intitulé	Débit indicatif (download) en bits/s (théorique / pratique)
1G	Radiocom 2000 NMT			Radiocom 2000 (analogique) de France Télécom, NMT - Nordic Mobile Telephone - (analogique) déployé par SFR, Natel A, B, puis C de Télécom PTT en Suisse	analogique
2G	GSM	Échanges de type voix uniquement		Global System for Mobile Communication	9,05 kbps
2.5G	GPRS	Échange de données ou (exclusif) voix	97	Global Packet Radio Service	171,2 kbps / 50 kbps / 17,9 kbps
2.75G	EDGE	Basé sur réseau GPRS existant	98	Enhanced Data Rate for GSM Evolution	384 kbps / 64 kbps
3G	UMTS	Voix + données	99	Universal Mobile Telecommunications System	1,9 Mbps dans des conditions idéales / 144 kbps zone rurale, 384 kbps zone urbaine
3.5G ou 3G+ ou HSPA	HSPA	Évolution de l'UMTS	5 et 6	High Speed Packet Access (HSDPA/HSUPA)	14,4 Mbps / 3,6 Mbps
3.75G ou 3G++ ou HSPA+	HSPA+	Évolution de l'UMTS	7	High Speed Packet Access +	21 Mbps / 5 Mbps
3.75G ou HSPA+ Dual Carrier	DC-HSPA+	Évolution de l'UMTS	8	Dual-Carrier High Speed Packet Access +	42 Mbps / 10 Mbps
4G ou 3.9G	LTE WiMAX		8 et 9	Long Term Evolution Worldwide Interoperability for Microwave Access	150 Mbps / 40 Mbps
4G ou 4G+	LTE-Advanced		10 et 11	Long Term Evolution Advanced	1 Gbps à l'arrêt / -
5G	IMT-2020 /LTE - B	Génération de téléphonie mobile 5G		Long Term Evolution Advanced (LTE - B)	50 Gbps, norme en projet / - / -

Tableau 4.4 Les normes principales de téléphonie mobile utilisées en Europe [44]

Chapitre 5 Equipements d’interconnexion en téléphonie

5.1 Introduction

Pour mettre en place un réseau (informatique, téléphonique RTC, téléphonique mobile), plusieurs équipements d’interconnexion sont utilisés. Chacun de ces composants joue un rôle spécifique, par exemple de relier entre deux entités de réseau, d’assurer le routage des appels et des informations, de réaliser des liaisons de transit …. [45, 46, 47].

5.2 L’équipements d’interconnexion en téléphonie

Les principaux équipements permettant une interconnexion réseaux téléphoniques sont:

-Les commutateurs.
-Les routeurs.
-Les interfaces.
-Les passerelles.

5.2.1 Les Commutateurs

-Le commutateur du réseau informatique [48]: permet de connecter plusieurs machines entre elle, et il gère les trames et les adresses.

-Les commutateurs du réseau téléphoniques RTC sont [11]:

1-Les commutateurs publics

- Un commutateur d'abonné : Il assure les fonctions suivantes:

- Une liaison locale: lier entre deux lignes d'abonné qui lui sont connectées.
- Un appel sortant: Connecter une ligne d'abonné vers une jonction reliée à un autre commutateur.
- Un appel entrant: Connecter une jonction provenant d’un autre commutateur vers une ligne d'abonné.

- Un commutateur de transit: Il réalise des liaisons de transit.

2-Les commutateurs privés PABX: pour les entreprises privés clientes dés opérateurs de téléphonique.
Un exemple: dans le réseau mobile, les commutateurs MSC ont une fonction de routage des appels et des informations concernant les usagers [1].

Il y a deux types de commutateur : l’analogique et le numérique.
-Un commutateur analogique réalise à l'aide de points de connexions métalliques ou électroniques, une liaison physique entre une ligne entrante et une ligne sortante.
-Un commutateur numérique réserve une voix temporaire sur un MIC pendant la communication entre deux abonnés et peut aiguiller un intervalle du temps IT d'un MIC entrant vers une autre IT d'un MIC sortant. C’est la commutation temporelle.

La liaison MIC [49, 50]: Ligne de transmission numérique à 2 Mbits/s composée de 32 voies à 64 kbits/ s multiplexées temporellement, elle est utilisée pour transmettre de la parole codée selon la méthode MIC ou PCM (Pulse Code Modulation).
Les différentes étapes correspondant à la numérisation sont:

-L'échantillonnage c'est le passage d'un espace de temps continu à un espace de temps discret.
-La quantification c'est le passage d'un espace de valeurs continu à un espace de valeurs discret.
-Le codage c'est le passage de chaque niveau quantifié de valeurs à un nombre déterminé de bits.

La Figure 5.1 représente la trame MIC:

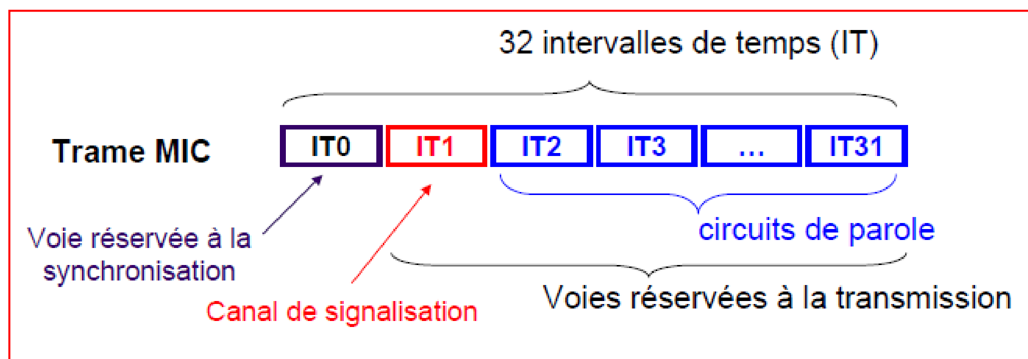


Figure 5.1 Trame MIC [49]

-La synchronisation: pour rattraper toutes les glissements de fréquences.
-La signalisation: c'est l'ensemble des dialogues qui ont lieu dans le plan de contrôle entre les fonctions de contrôle des divers usagers et commutateurs impliqués dans un appel [51].

5.2.2 Les routeurs [48]

Un routeur est un équipement qui relie plusieurs réseaux, c'est à dire il va recevoir les messages venant des machines du réseau et va les adresser vers la machines voulues. Son rôle est de faire transiter des paquets d'une interface réseau vers une autre grâce à sa table de routage (indique quelle passerelle utiliser pour joindre un réseau), de configurer automatiquement les adresses IP de tous les éléments d'un réseau lors de leur connexion au routeur.

5.2.3 Les Interfaces

Une interface c'est une liaison entre deux entités du réseau, sur lequel transitent des informations particulières. C'est aussi un point de connexion entre deux réseaux [48].

Exemple1: la connexion entre deux équipements de réseau.

Chaque interface dans le réseau téléphonique mobile GSM est désignée par une lettre comme indiqué le tableau ci-dessous. La plupart des interfaces dans le réseau téléphonique sont des liaisons MIC et elles sont définies par deux types de canaux [49].
-Canaux de trafic: ils sont réservés pour les voix ou les données des utilisateurs.
-Canaux de signalisation : ils sont réservés pour la signalisation c'est-à-dire le dialogue entre différentes entités du réseau.

Nom	**Localisation**	**Utilisation**
Um	MS-BTS	Interface radio
Abis	BTS-BSC	Divers
A	BSC-MSC	Divers
C	GMSC-HLR	Interrogation HLR pour appel entrant
	SM/GMSC-HLR	Interrogation HLR pour message court entrant
D	VLR-HLR	Gestion des informations d'abonnés et de localisation
	HLR-VLR	Services supplémentaires
E	MSC-SM/GMSC	Transport des messages courts
	MSC-MSC	Exécution des handovers
G	VLR-VLR	Gestion des informations d'abonnés
F	MSC-EIR	Vérification de l'identité du terminal
B	MSC-VLR	Divers
H	HLR-AUR	Echange des données d'authentification

Tableau 5.1 Les Interfaces pour GSM [49]

5.2.4 Les passerelles (Gateways)

Une passeralle est un système matériel et logiciel permettant de faire la liaison entre deux réseaux, afin de faire l'interface entre des protocoles réseau différents.

Exemple 1- pour relier des réseaux locaux de types différents, par exemple le GMSC (Gateway Mobile Switching Centre), joue le rôle de passerelle entre le réseau fixe et le réseau mobile [1].
Exemple 2- Une passerelle VoIP pour connecter facilement un système téléphonique VoIP au réseau public. Les fonctions principales de cette passerelle sont la compression/ décompression, paquétisation, acheminement des appels et contrôle de signalisation [52].

Exemple 3- Une passerelle est un serveur entre des micros du même réseau, il permet de relier des réseaux avec des protocoles différents, c'est l'adresse IP de routeur côté réseau interne qui permet de se connecter à un autre réseau externe internet [48].

Annexes

Les figures suivantes représentent les modulations numériques, les systèmes d'accès, les modes TDD, FDD et le principe de l'étalement de spectre.

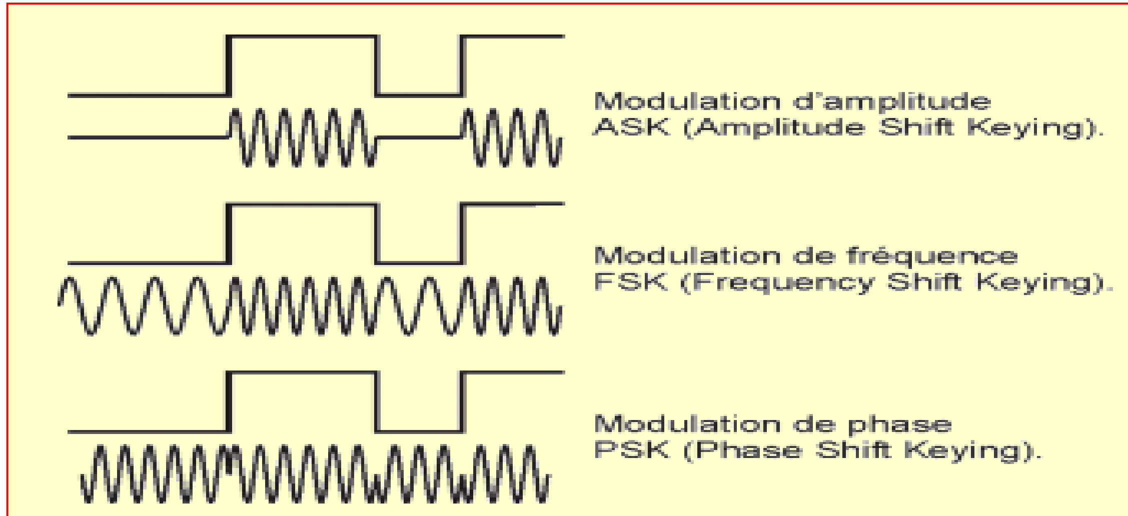


Figure A.1 Les modulations numériques [53]

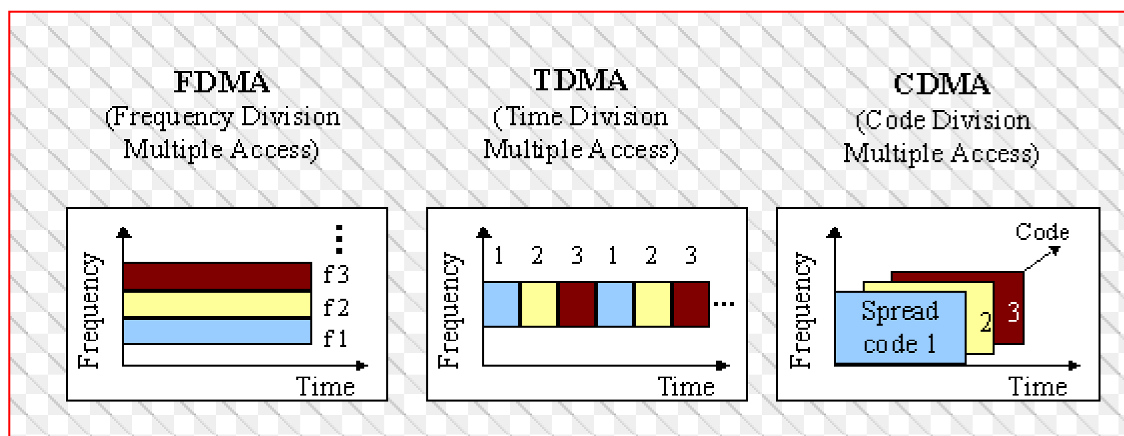


Figure A.2 Les systèmes d'accès [54]

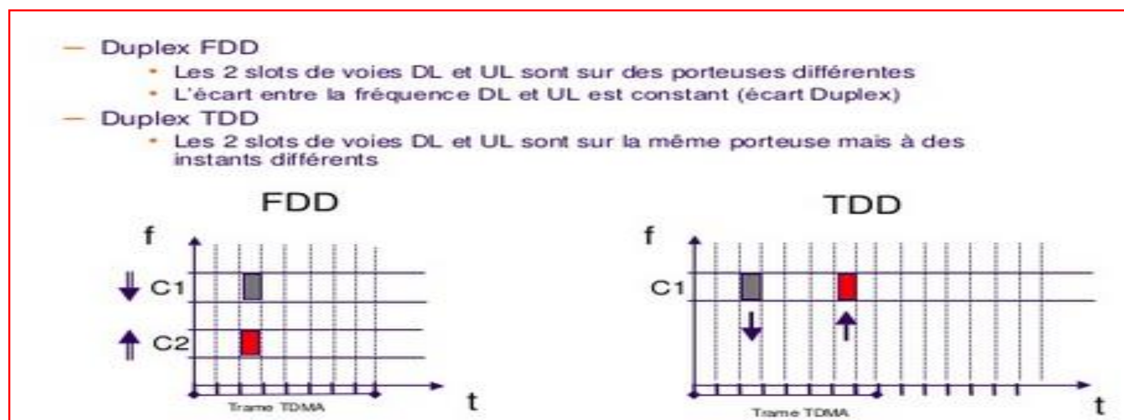


Figure A.3 Duplexages FDD et TDD [55]

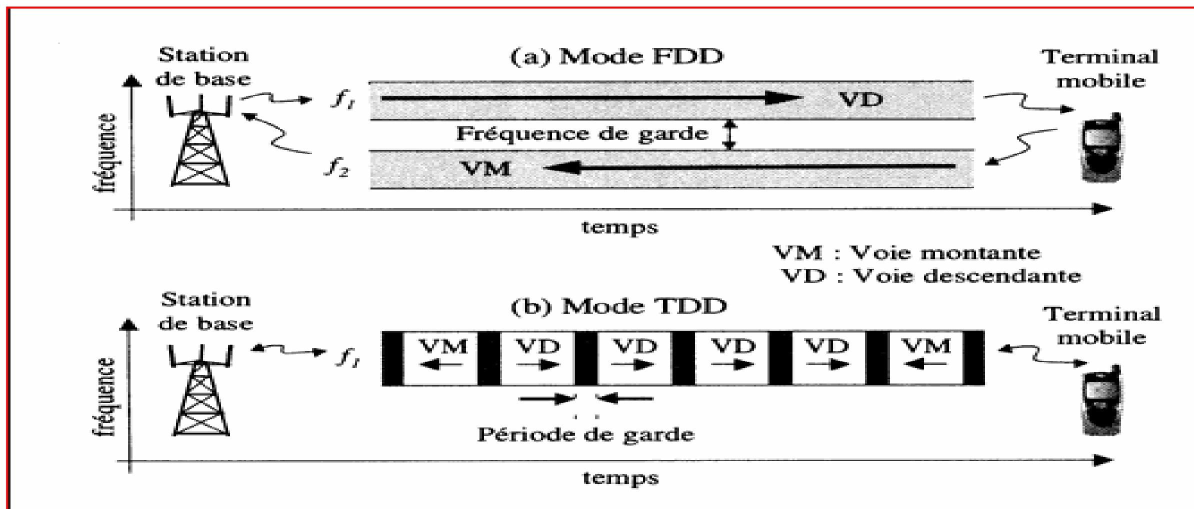


Figure A.4 Modes FDD, TDD [55]

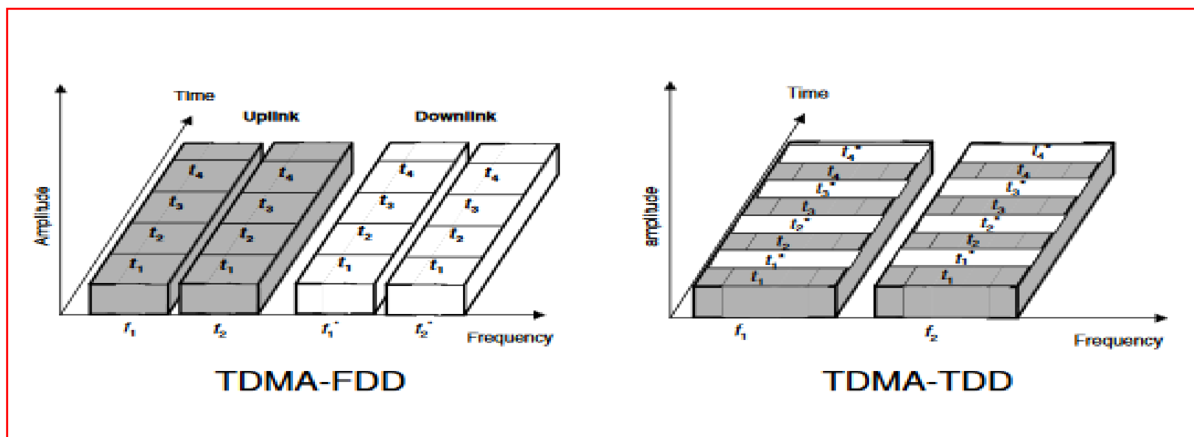


Figure A.5 Les systèmes TDMA- FDD, TDMA-TDD [56]

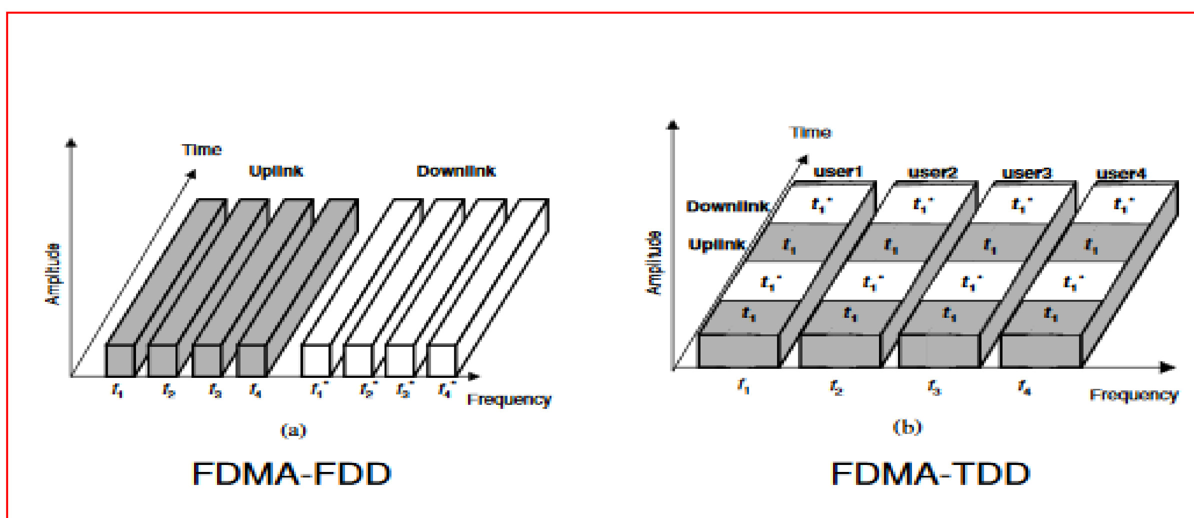


Figure A.6 Les systèmes FDMA- FDD, FDMA-TDD [56]

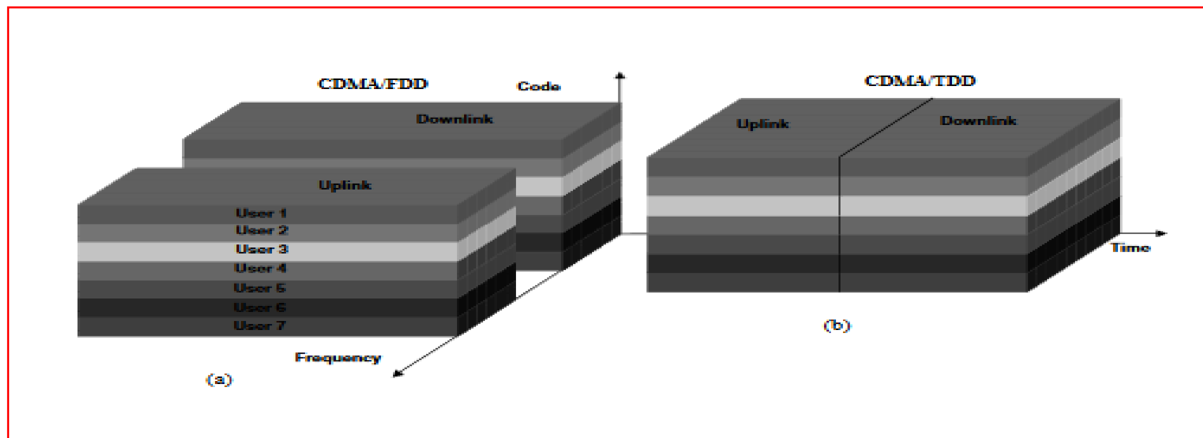


Figure A.7 Les systèmes CDMA- FDD, CDMA-TDD [56]

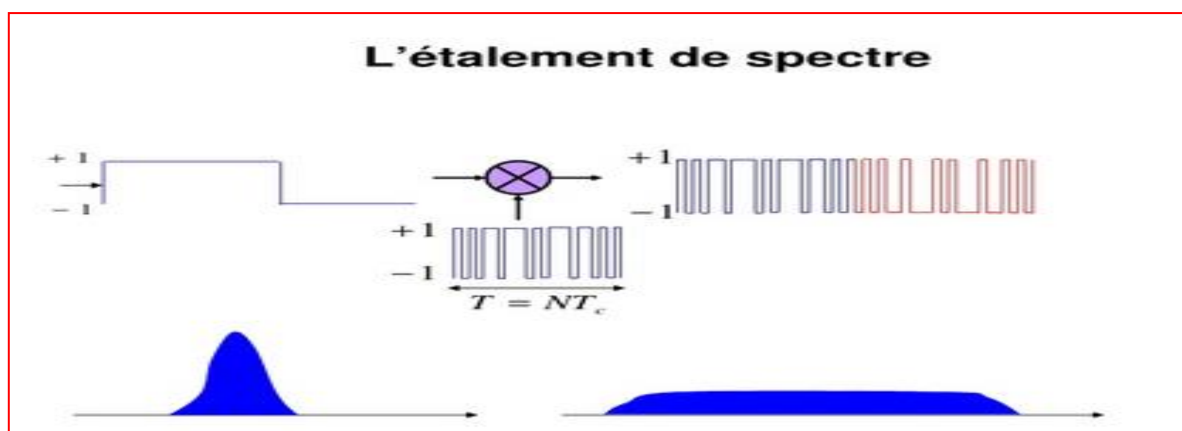


Figure A.8 L'étalement de spectre [57]

Les Releases du 3GPP [26]

Il existe neuf Releases du 3GPP entre 1998 et 2011:

• Release 97: définir le système GPRS.
• Release 99: introduire le standard UMTS.
• Release 4: ajouter la séparation des couches média et contrôle pour le réseau cœur circuit.
• Release 5: introduire l'évolution HSDPA pour le réseau d'accès UMTS.
• Release 6: introduire l'évolution HSUPA pour le réseau d'accès UMTS.
• Release 7: introduire l'évolution HSPA+ MIMO.
• Release 8: c'est la première Release du réseau d'accès LTE et du réseau cœur EPC pour introduire les évolutions HSPA+ CPC et DC-HSDPA.
• Release 9: c'est la seconde Release du LTE pour introduire les évolutions du DC-HSDPA, notamment en combinaison avec le MIMO, et les évolutions du DC-HSUPA.
• Release 10: introduire l'évolution multi-porteuses du HSDPA (jusqu'à 4 porteuses, soit 20 MHz) et l'évolution du LTE appelée LTE-Advanced.

Bibliographie

[1] A. Oumnad, « Réseau Téléphonique Commuté », Cours, http://www.oumnad.123.fr/RTCP /RTCP.pdf.

[2] « L'histoire de la téléphonie », http://les-yeux-du-monde.fr/histoires/12896-lhistoire-de-la-telephonie.

[3] L. Yves, « Réseau Téléphonique Commuté», Cours, ylescop.free.fr/mrim/cours/RTC.pdf, 2002.

[4] « Voix sur IP – VOIP », http://www.frameip.com/voip/#2.3_-_Architecture_du_réseau.

[5] « Approche concrète du Téléphone Fixe- RTC », http://docplayer.fr/1040039-Telephone-fixe-rtc.html.

[6] Wikipedia site, https://fr.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9l%C3%A9phone.

[7] http://wallu.pagespersoorange.fr/bl.htm?keepThis=true&TB_iframe=true&height=400& width=700.

[8] https://www.google.fr/search?q=Les+cables+de+branchement++t%C3%A9l%C3%A9ph oniques&biw=1366&bih=627&source=lnms&tbm=isch&sa=X.

[9] «Téléphonie Analogique-RTC », http://docplayer.fr/9078310-Telephonie-analogique-rtc.html.

[10] «La Téléphonie Analogique RTC », sen.arbezcarme.free.fr/_techno/2.5-TR-Reseau-telephonique-analogique-et.../rtc.pdf.

[11] «CommutateurTéléphonique»https://fr.wikipedia.org/wiki/Commutateur_téléphonique.

[12] http://www.jsaintmichel.com/data/TL53/LeCours2_RTC_RNIS_LL_PABX.pdf.

[13] Saada.M.T, « Migration du réseau RTC au réseau IP MSAN Etude de cas Central Ariana » Mémoire Master, Université Tunis.

[14] Nicolas. B, « Réseaux Transmission des données », nicolas.baudru.perso.esil.univmed.fr.

[15] D. SERET et all, « RESEAUX et TELECOMMUNICATIONS », cours Licence 3 mathématiques et Informatique, Université René Descartes – Paris 5, 2005-2006.

[16] D. Dromard et D. Seret, « Architecture des réseaux », Chapitre 1, Les transmissions et les supports.

[17] « Voies & Supports de transmission », Transmission de l 'information , Cours de l 'EPU de Tours, www.rfai.li.univ-tours.fr/PagesPerso/jyramel/fr/6ti_supports.pdf.

[18] Bouabid. E, «Transmission », http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

[19] «Transmission de Signaux », http://arsene.perez-mas.pagesperso-orange.fr/transmission/param_transm.htm.

[20] Patrick . F et all, «Couche physique (Couche 1 OSI et TCP/IP) »,cours téléinformatique, 2009, Université bordeaux1.

[21] « les supports physiques », http://deptinfo.cnam.fr/Enseignement/CycleSpecialisation/RCA/cablage/les%20supports%20physiques.htm.

[22] https://fr.wikipedia.org/wiki/C%C3%A2ble_coaxial.

[23] https://fr.wikipedia.org/wiki/Fibre_optique.

[24] http://www.frandroid.com/actualites-generales/56587_2g-cdma-hsdpa-3g-edge-4g-kesako.

[25] Germain. M, « Les réseaux de téléphonie mobile .I. Le GSM ».

[26] Baudoin. G et coll, « Radiocommunications Numériques.1 : Principes, Modélisation et Simulation», Dunod, 2007.

[27] Martial. C, « Systemes de Telecommunications », cours, ENSEEIHT -2007-2008, http://coulon.perso.enseeiht.fr/transp_SCR.pdf.

[28] Cédric. D, Marc. V D, « Principes de Base du Fonctionnement du Réseau GSM », Revue de l'AIM, pp. 3-18, N°4, 2004.

[29] Philippe. J. M, « Le réseau GSM et le Mobile », V07/2002.

[30] Cellmer. J, « Réseaux cellulaires système GSM » Technique de l'ingénieur, 1999.

[31] « GSM : Global System for Mobile Communications Architecture, Interfaces et Identités », http://www.efort.com/r_tutoriels/GSM1_EFORT.pdf.

[32] Willy. P, « Principe de fonctionnement des réseaux de téléphonie mobile GSM », cours de fonctionnement des réseaux GSM, Institut Scientifique de Service Public.

[33] Brisson. P, Kropf. P, « Global System for Mobile Communication GSM», cours, Université de Montréal, pp.1-23.

[34] http://www.memoireonline.com/09/11/4805/m_Point-sur-linternet-et-la-telephonie-mobile-au-Cameroun5.html.

[35] http://www.arpt.dz/fr/arpt/bref/.

[36] http://www.itu.int/itunews/issue/2003/06/thirdgeneration-fr.html.

[37] Moussaoui. M, « Réseau UMTS et ses évolutions: UMTS/HSxPA/3LTE », Engineering school, https://cel.archives-ouvertes.fr/cel-00665854.

[38] Ajgou.R, Abdesselam.S, « Réseau UMTS », Universités El-oued et Med khider Biskra.

[39] « Réseau d'Accès UMTS: Architecture et Interfaces », http://www.efort.com.

[40] Bouguen. Y, Hardouin. É et Wolff. F- X, « LTE et Les Réseaux 4 G», Groupe Eyrolles, ISBN : 978-2-212-12990-8, 2012.

[41] DIBY .O. A-V, « Etude de l'évolution du cœur paquet vers l'EPC : cas d'Orange Cote d'Ivoire », Mémoire, Institut National Polytechnique, Cote d'Ivoire, 2014.

[42] https://www.finances.gov.ma/docs/2014/depf/etude.pdf.

[43] Merah. H, « Conception d'un MODEM de la quatrième génération (4G) des réseaux de mobiles à base de la technologie MC-CDMA », Mémoire de Magister En électronique, université SETIF, 2012.

[44] https://fr.wikipedia.org/wiki/3G.

[45] http://www.hellopro.fr/equipements-d-interconnexion-de-reseaux-2013738-fr-rubrique.html.

[46] http://www.samomoi.com/reseauxinformatiques/lesprincipauxcomposantdinterconnexion.php.

[47] Sassatelli. L,"Réseaux étendus et réseaux d'opérateurs'', université Sophia-Antipolis 2012-2013.

[48] https://abcreseau.blogspot.com/.

[49] Frédéric. P, « LE GSM », Département R&T - IUT de Nice Côte d'Azur.

[50] Bonnecaze. A et Tanenbaum A, « Gestion de Réseaux et Protocoles », Département d'informatique et de recherche opérationnelle, Université de Montréal, 2002.

[51] AXE 10, « Common Channel Signaling CCITT N°7, Operation and Maintenance», L.M. Ericsson 1987, EN/LZT 101 780 R1.

[52] https://fr.wikipedia.org/wiki/Passerelle_VoIP.

[53] https://www.google.dz/search?q=Modulations numérique.

[54] https://www.google.dz/search?q=système d'acces QAM&biw.

[55] https://www.google.dz/search?q=duplexage Fdd: duplexage: la voie montante&biw.

[56] Poulliat. C, «Systèmes de télécommunication», INP ENSEEIHT, 2011.

[57] https://www.google.dz/search?q=l%27%C3%A9talement+de+spectre&biw=1366&bih=627.